

سلسلة كتب سباكة المعادن

# أفران الكيويلا (الدست)

تصميمها وتشغيلها والتحكم فيها

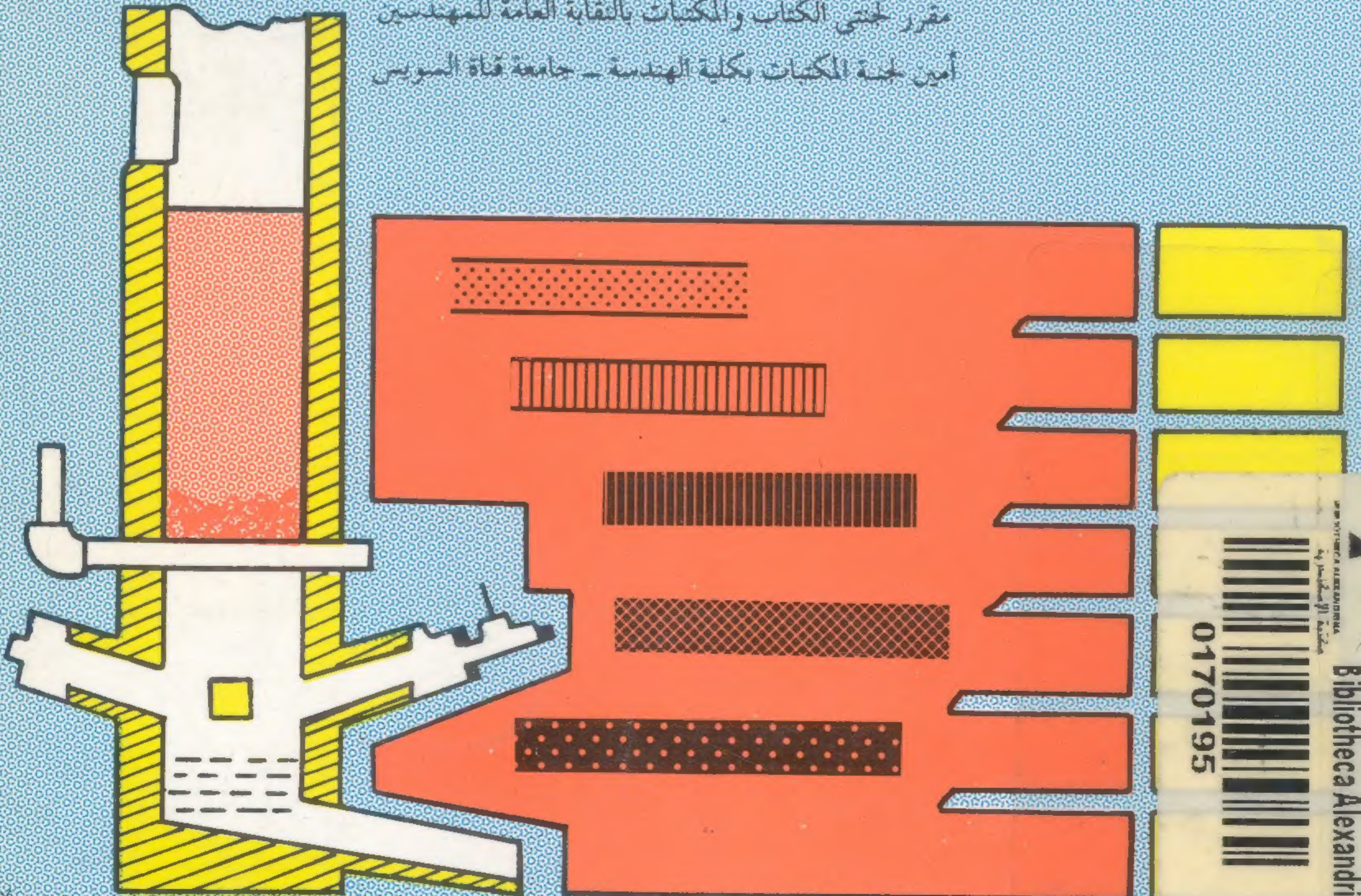
ترجمة

المهندس : سيد علي حسان وافي

مراجعة

دكتور : صالح أحمد صالح زرميه

مقرر لجنتي الكتاب والمكتبات بالنقابة العامة للمهندسين  
أمين لجنة المكتبات بكلية الهندسة - جامعة قناة السويس







سلسلة كتب سباكة المعادن

# أفران الكيوبلا (الدست)

تصميمها وتشغيلها والتحكم فيها

ترجمة

المهندس : سيد على حسان وافى

مراجعة

دكتور : صالح أحمد صالح زرمبه

مقرر لجنة الكتاب والمكتبات بالنقابة العامة للمهندسين  
أمين لجنة المكتبات بكلية الهندسة - جامعة قناة السويس



طبعها في القاهرة منشأة مصر

١٩٦٦/١٩٦٧ - ١٣٤٦ هـ

كافة حقوق الطبع محفوظة  
الطبعة الأولى  
١٤١٥هـ - ١٩٩٤م

مطو النشر للجامعات المصرية - مكتبة الوفاء



٤١ ش شريف ت ٢٩٣١٢٣٤ / ٢٩٣٤٦.٦ ، فاكس ٢٩٢١٩٩٧



## محتويات الكتاب

- الباب الأول : - أساسيات تصميم أفران الدست.
- الباب الثانى : - الجوانب العملية فى عملية تشغيل أفران الدست.
- الباب الثالث : - العوامل المؤثرة على أداء فرن الدست وطرق التحكم فيها وضبطها.
- الباب الرابع : - ظهور أفران الدست ذات الهواء الموزع (ذات صفى الوبنات).
- الباب الخامس : - تقنيات تشغيل أفران الدست الخاصة والمعدلة.
- الباب السادس : - استعمال الأكسجين فى أفران الدست.
- الباب السابع : - كيفية حساب شحنة الفرن وطرق إختيار الخامات.
- الباب الثامن : - طرق مناولة الخامات وتخطيط حوش التخزين.
- الباب التاسع : - معدات وطرق الإشراف على العمل فى المسبك.
- الباب العاشر : - إزالة الكبريت من الزهر وإضافة مواد الكربنة.
- الباب الحادى عشر : - فحم الكوك ومساعدات الصهر.
- الباب الثانى عشر : - طرق بزل وتخزين المعدن المنصهر .
- الباب الثالث عشر : - مستلزمات الهواء غير الملوث.
- الباب الرابع عشر : - تحديد مواصفات فرن الدست.







## مقدمة

ترجع أهمية عملية تشغيل أفران الدست بطريقة فعالة واقتصادية إلى هدفين هما :

أولاً : إنتاج مسبوكات ذات جودة عالية .

ثانياً : تحقيق عائد إقتصادي للمسبك .

وفي هذا الكتاب وضعت عدة اعتبارات لإدخال عدة تحسينات على طرق التشغيل المستعملة حالياً إلى جانب إضافة عدة تعديلات وتطوير طرق تصميم أفران الكيويلا المستعملة وتشغيلها بناء على الأبحاث الميدانية التي أجريت في بكيرا BCIRA .

وصفحات هذا الكتاب تحتوي على مراجعة شاملة لكل ما يخص أفران الدست من ناحية التصميم والتشغيل والعوامل المؤثرة على التشغيل وكيفية توجيه وضبط هذه العوامل إلى جانب طريقة اختيار الخامات المستعملة في عملية الصهر وكيفية الإشراف عليها بالإضافة إلى المعدات والأجهزة المستخدمة داخل المسبك وطرق مناولة الخامات وتخطيط موقع مخزن الخامات ( حوش التخزين ) . كما تم توجيه العناية للمتطلبات الحالية والمحتملة مستقبلاً ، والتي تخضع للتشريعات الخاصة بالمحافظة على البيئة ، فيما يخص من نواتج أفران الدست من عوادم الغازات والأتربة التي تطلقها في الجو .

إن عملية إعادة النظر فيما يخص أفران الدست ، من عمليات تصميم وتشغيل وطرق التطوير لم ينصب على الأقران من الناحية الفنية والهندسية فقط ، وإنما شمل أيضاً النواحي الاقتصادية .







# الباب الأول

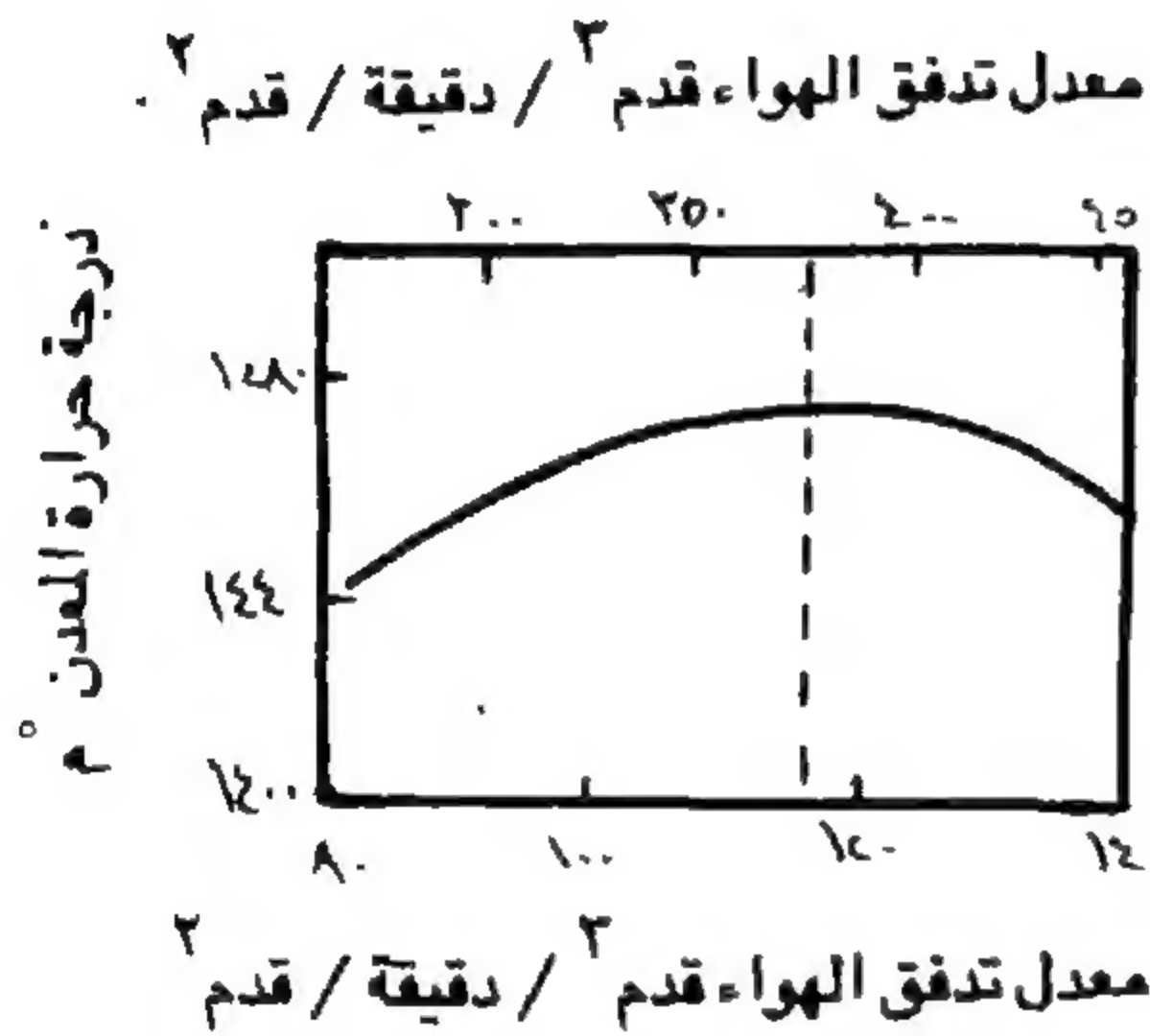
## أساسيات تصميم أفران الدست

### Basic Design Principles

تعد عملية تصميم فرن الدست من أهم العمليات التي تتحمل عبء تشغيل الفرن بطريقة إقتصادية وفعالة ، وسوف تناقش هنا أهم عناصر التصميم والتي تؤثر على كفاءة أداء الفرن .

### المعدلات المثالية لتدفق الهواء كأساس لتصميم الفرن

#### Optimum Blast Rate



شكل رقم (١) العلاقة بين معدل تدفق الهواء وبين درجة حرارة المعدن المصهور .

إن عملية الصهر بالفرن تجرى في ظروف أكثر كفاءة واقتصادية عندما تتم عند معدل معين وثابت لتدفق الهواء ، والشكل رقم (١) يوضح العلاقة بين تدفق الهواء ودرجة حرارة مصهور المعدن ، عند استخدام نسبة ثابتة لفحم الكوك في شحنة الفرن ، وهذا الشكل يوضح أن درجة حرارة المعدن تزداد كلما زاد معدل الهواء حتى تصل إلى أقصى قيمة ، بعد ذلك تبدأ درجة الحرارة تنخفض مرة أخرى مع زيادة معدل الهواء ، بمعنى أن زيادة معدل الهواء بعد ذلك يؤدي إلى خفض درجة حرارة المعدن مرة أخرى .

ومن الناحية العملية فإن المعدلات المثالية لتدفق الهواء تختلف تبعاً لنسبة فحم الكوك في الشحنة وأيضاً تبعاً للخامات الموجودة في داخل فرن الصهر . وعلى أية حال فقد وجد عملياً وبالتجارب اتضح أن المعدل المثالي لتدفق الهواء حوالي ١١٥ متر مكعب كل دقيقة لكل متر مربع من مساحة مقطع فرن الدست عند منطقة الوبنات ( وهو ما يعادل حوالي ٢٧٥ قدم



جدول رقم (١) البيانات التصميمية لأفران الدست .

٩ الوزن التقريبي للقرشة كجم / سم ارتفاع	٨ عدد الوحدات	٧ المساحة الإجمالية للوحدات سم <sup>٢</sup>	٦ السعة التقريبية لخزانة المعدن كجم/سم ارتفاع	٥ قدرة مروحة الهواء الموصى بها		٤ قطر منطقة الصهر سم	٣ مساحة مقطع منطقة الصهر م <sup>٢</sup>	٢ معدلات الهواء الموصى بها متر <sup>٣</sup> /دقيقة عند ١٥ م وضغط ١٠١ كيلو باوند على وحدة المساحة	١ معدل الصهر عند استخدام كوك بنسب مختلفة وظروف تشغيل مستقرة طن / ساعة		
				الضبط كيلو باوند على وحدة المساحة	نسبة الكوك : المعدن						
									الحجم م <sup>٣</sup> /دقيقة		
										٦:١	٨:١
٥٠٠	٤	٤٢٠ - ٢٢٥	٦٠٠	٢٢٠	٢٢٠	٤٦	١٠٠٠	١٨٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١٠٠	٤	٥٥٠ - ٣٢٥	٨٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٥٣	١٠٠	٢٥٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١٠٣	٤	٧٤٠ - ٤٢٠	١٠٠٥	٤٠٠	٤٠٠	٦٦	١٠٠	٣٣٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١٠٧	٤	٩٣٥ - ٥١٥	١٣٠٣	٥١٠	٥١٠	٦٩	١٠٠	٤٢٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٢٠٠	٤	١١٣٠ - ٦٤٥	١٦٠٣	٦٢٠	٦٢٠	٧٨	١١٠	٥٢٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٢٠٥	٦	١٣٩٠ - ٧٧٥	١٩٠٧	٧٥٠	٧٥٠	٩٧	١١٠	٦٣٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٢٠٩	٦	١٦٤٥ - ٩٣٥	٢٣٠٣	٩٠٠	٩٠٠	١١٠	١١٠	٧٥٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٣٠٥	٦	١٩٣٥ - ١١٠٠	٢٧٠٥	١٠٦٠	١٠٦٠	٩٩	١١٠	٨٨٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٤٠٠	٦	٢٢٢٥ - ١٢٩٠	٣١٠٧	١٢٣٠	١٢٣٠	١٠٧	١٢٠	١٠٢٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٤٠٦	٨	٢٥٠٠ - ١٤٥٠	٣٦٠٧	١٤١٠	١٤١٠	٣١١	١٢٠	١١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٥٠٢	٨	٢٩٠٠ - ١٦٨٠	٤١٠٧	١٦٠	١٦٠	٣٢١	١٢٠	١٣٣٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٥٠٩	٨	٣٢٩٠ - ١٨٧٠	٤٦٠٧	١٨٠	١٨٠	٣٣٠	١٢٠	١٥٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٦٠٦	٨	٣٦٨٠ - ٢١٠٠	٥٣٠٣	٢٠٢	٢٠٢	٣٣٧	١٣٠	١٦٨٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٧٠٤	٨	٤١٠٠ - ٢٣٥٠	٥٨٠٣	٢٢٦	٢٢٦	٣٤١	١٣٠	١٨٨٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٨٠٢	٨	٤٥٥٠ - ٢٦١٠	٦٥٠٠	٢٥١	٢٥١	٣٥١	١٤٠	٢٠٨٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١٠٠٠	١٠	٥٠٣٠ - ٢٨٧٠	٧٨٠٣	٣٠٣	٣٠٣	٣٦١	١٤٠	٢٥٢٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١١٠٧	١٠	٦٥٨٠ - ٣٧٤٠	٩٣٠٣	٣٦٠	٣٦٠	٣٧١	١٥٠	٣٠١٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١٣٠٥	١٠	٧٧٤٠ - ٤٣٩٠	١١٠٠	٤٢٥	٤٢٥	٣٩١	١٧٠	٣٥٤٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠
١٦٠٠	١٠	٩٠٣٠ - ٤٥١٠	١٢١٠	٤٩٣	٤٩٣	٤١٣	١٨٠	٤١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠



مكعب / دقيقة / قدم مربع ) ويجب أن يؤخذ الشكل رقم (١) بإعتبار أنه أساس لأي تصميم سليم لفرن الدست .

### علاقة قطر الفرن بمعدل الصهر

#### Cupola Diameter Related to Melting Rate

يعتمد معدل الصهر فى أى فرن دست على عاملين أساسيين ، هما :

١ - نسبة الكوك فى شحنة الفرن . ٢ - معدل تدفق الهواء إلى داخل الفرن .

إن طريقة حساب معدل الصهر فى فرن ذات قطر معروف ، وباستخدام المعدلات المثالية المناسبة لقطرة تعتمد حينئذ على نسبة الكوك فى الشحنة ، والعمود الأول الموجود فى الجدول رقم (١) يوضح معدلات الصهر التى تم الحصول عليها عند استخدام معدلات الهواء المثالية مع استخدام نسب مختلفة من الكوك فى شحنة الفرن .

وعلى هذا فإنه للحصول على معدل صهر قدره ١٠ طن/ساعة ، عندما تكون نسبة فحم الكوك فى الشحنة تمثل ٨:١ ، وفى هذه الحالة يكون الفرن المطلوب ذا قطر داخلى قدره ١٢٢ سم ( ٤٨ بوصة ) . ومعدل التدفق للهواء يكون ١٣٣,٧ متر<sup>٣</sup>/دقيقة ( ٤٧٢٠ قدم<sup>٣</sup>/دقيقة ) . ومن المهم التنبيه على أنه فى هذا المثال يتم الحصول على معدل صهر ١٠ طن/ساعة ، دون الأخذ فى الاعتبار ظروف الاعطال أو التوقفات أو ظروف تخفيض معدل تدفق الهواء ، فإذا ما أدخلت كل هذه الظروف فى عمليات التشغيل والخاصة بفترات توقف مروحة الهواء أو فترات التجليخ ، أو الفترة التى يكون فيها معدل الصهر منخفضاً فى بداية اليوم وفى نهاية فترة الصهر ؛ فسنجد أن المعدل الحقيقى لإنتاج معدن منصهر على مدى فترة التشغيل كلها سيكون أقل بكثير من ١٠ طن / ساعة . ولهذا فإنه يجب أن يؤخذ فى الحسبان هذه الملحوظة عند تحديد معدل الصهر المطلوب . فعلى سبيل المثال فإنه إذا كان مطلوباً الحصول على معدل صهر ١٠ طن / ساعة ، فإنه يجب تصميم أبعاد الفرن ومقاساته بحيث يعطى ١١-١٢ طن / ساعة عندما يشتغل فى الظروف المثالية .

#### تحديد مواصفات مروحة الهواء Blower Specification

على الرغم من تحديد معدل الهواء المثالى على أساس ١١٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة / متر<sup>٢</sup> ،



واتخاذ هذه القيمة كأساس لتحديد القطر الداخلى للفرن . فإنه عند التشغيل الحقيقى يمكن تعديل معدل الصهر ( بالخفض أو الزيادة ) وذلك بتغيير معدل تدفق الهواء . وعموماً فإن أفران الدست يمكن أن تعمل داخل نطاق يمثل حوالى  $\pm 15-20\%$  من المعدل المثالى ، دون حدوث أى مشاكل خطيرة ( فيما يختص بدرجة حرارة المعدن ) عند زيادة أو نقص معدلات الهواء .

إن التوصية بتحديد معدلات الهواء موضحة فى جدول (١) العمود رقم (٥) حيث يسمح باستعمال مراوح لأفران الدست لتصريف هواء بمعدلات تزيد بمقدار  $20\%$  عن الحالة المثالية المطلوبة . كما أن ضغط الهواء المدفوع من المروحة يجب أن يكون كافياً ، للتغلب على المقاومة التى يقابلها فى ماسورة الهواء الرئيسية وقميص الهواء والودنات ، وفوق كل هذا الخامات الموجودة بداخل الفرن . وفى نفس الفرن الواحد ذات قطر ثابت فإن هذه المقاومة قد تختلف بدرجة كبيرة معتمدة على طبيعة الخامات المشحونة بالفرن ، لكن القيم المعطاه يجب أن تكون متناسبة تحت ظروف الصهر ، وذلك لضمان السماح بامداد الفرن بالحجم المطلوب من الهواء .

### الودنات ( النظارات ) Tuyers

إن الهدف من وجود الودنات هو توصيل الهواء بكميات متساوية من قميص الهواء إلى داخل الفرن ، وذلك من أجل إحداث ظروف منتظمة ومتساوية للاحتراق خلال فرشاة الكوك . وتختلف الآراء ووجهات النظر حول المساحات المثالية للودنات لكن بكيرا قامت بإجراء بعض التجارب التى أثبتت ( عند استخدام معدلات هواء ثابتة وانتظام توزيع الهواء على كل ودنة ) أن حجم أو مقاس الودنة ليس له تأثير على سير عملية الصهر فى أفران الدست ذات البطانة الحامضية والهواء البارد . وعلى وجه العموم فإنه يوصى بأن يكون إجمالى مساحات الودنات كلها يمثل حوالى  $1/4$  إلى  $1/7$  مساحة مقطع الفرن الداخلى بعد التبطين . وبناءً على ذلك فإن مساحة الودنة الواحدة تتغير تبعاً للقطر الداخلى للفرن ، وعندما تكون مساحة الودنات داخل هذا النطاق فإن الودنات فى هذه الحالة تكون كافية بدرجة كبيرة ، لمنع حدوث أى فقد خطير فى الضغط داخلها ، وبالتالي يؤدى هذا إلى عدم حدوث اختناق شديد يؤثر على المروحة . ومن ناحية أخرى فإن زيادة مساحة الودنة أكبر من



اللازم قد يؤدي إلى صعوبات ترجع إلى عدم انتظام توزيع الهواء ، خصوصاً في الأفران ذات الأقطار الكبيرة .

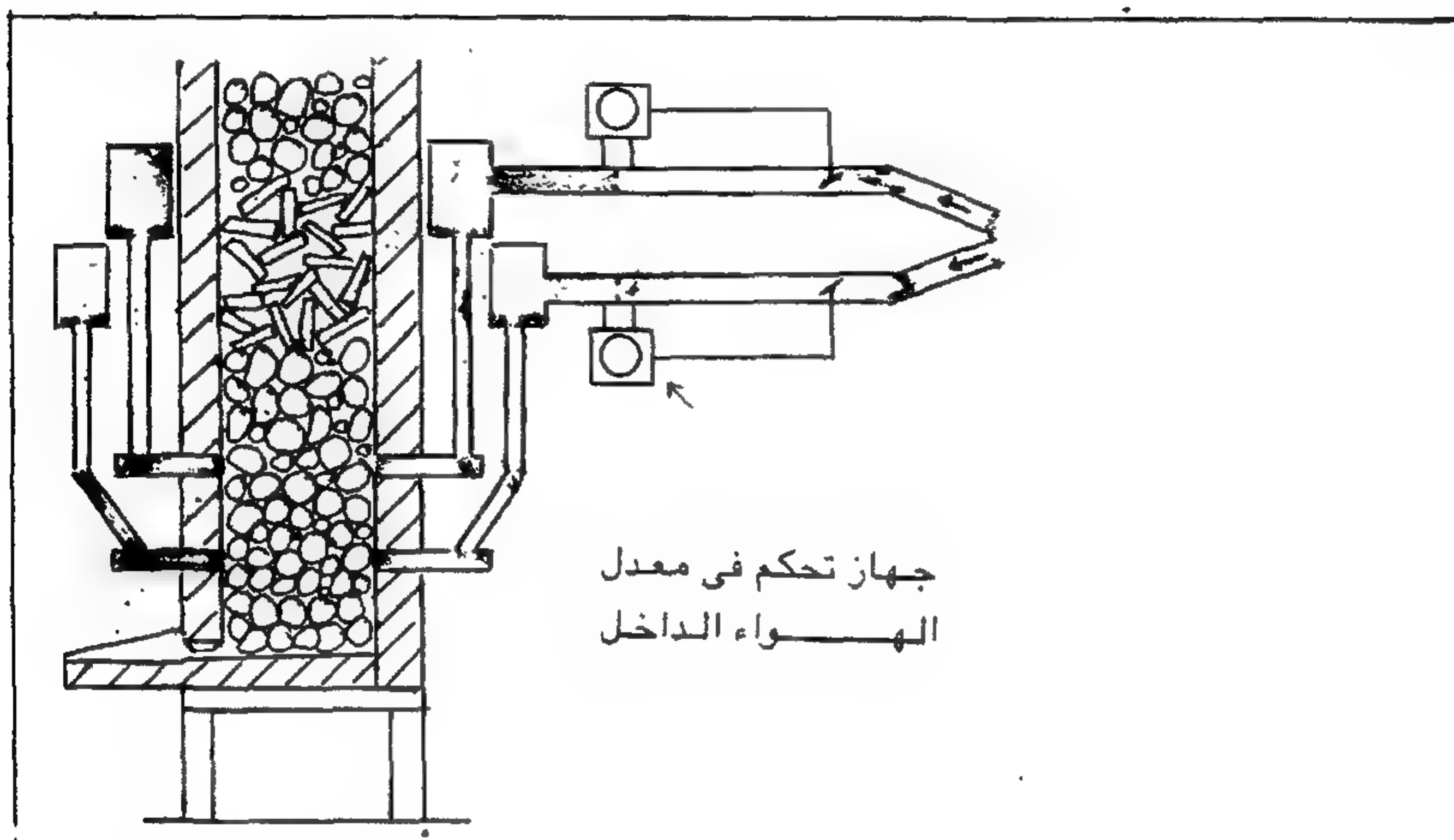
أما شكل الودينات فإن تأثيره صغير جداً على سلوك الفرن ، ومعظم مصممي أفران الدست يفضلون الودينات ذات الشكل الصندوقي ، حيث تكون عملية تشكيلها أو تعديلها سهلة في حالة ما إذا كان توزيع الهواء غير كاف . وعند اختيار مساحة الودينات داخل الحدود الموصى بها فإنه يفضل زيادة مساحة الودينات بدرجة كافية ، وذلك لتعويض النقص في كمية الهواء الذي يحدث نتيجة احتمالية اختناق إحدى الودينات ، أو انخفاض كمية الهواء المارة داخلها نتيجة انسدادها بالجلخ أو المعدن ، وحتى لا يحدث تآكل غير منتظم ومتكرر للبطانة بسبب هذا الاختناق .

ولحد معين يمكننا اعتبار أن عدد الودينات ليس له الأهمية القصوى ؛ ولكن لضمان سلامة وحسن توزيع الهواء بانتظام على فرشاة الفرن كلها ، فإنه يجب زيادة عدد الودينات كلما زاد القطر الداخلي للفرن . وعدد الودينات يختلف من فرن لآخر حسب ما هو مبين بالجدول رقم (١) يجب أن تكون كل وينة مزودة بتجهيزة ( محبس Shutter ) للتحكم في كمية الهواء لكل وينة على حدة وعلى درجة عالية من الدقة . وفي معظم الأحيان يحدث تجمد للجلخ عند النهاية الداخلية للوينة نتيجة تعرضها للهواء البارد مما يستدعي الحاجة إلى غزغزة وتقليب الفحم يدوياً Manual-Poking عبر هذه الودينة باستخدام سيخ أو عتلة حديدية طويلة . ويمكن التغلب على هذه المشكلة بدرجة كبيرة إذا تم إغلاق الودينات بالتناوب وهذا يؤدي بالتالي إلى انتظام وتحسن عملية الصهر .

إن طريقة العمل الحديثة في بكيرا وأماكن أخرى عديدة ترى أنه يمكن تحسين أداء عملية الصهر في أفران الدست ، وذلك باستعمال صفين من الودينات الموضوعة بطريقة صحيحة ، ويتقسيم الهواء بالتساوي على كلا الصفين من الودينات . وبهذه الطريقة يمكن الحصول على معدن ذات درجة حرارة أعلى مع محتوى كربوني أعلى مع المحافظة على نفس معدل استهلاك الفحم مع زيادة معدل الصهر عند نفس درجة الحرارة المعتادة . وعند استعمال صفين من الودينات فيجب قياس كمية الهواء لكل صف من الودينات والمتابعة الدقيقة لها . كما يجب أن يكون لكل صف من الصفين قميص هواء خاص به Windbelt كما هو



موضح بالشكل رقم (٢) . أما الجدول رقم ١ عمود رقم ٧ فيوضح المساحات المناسبة للودنات . لكن في حالة تعديل الأقران الحالية فإنه يكون من غير المناسب أو يعتبر أكثر تكلفة إذا تم تغيير مقاس الصف السفلي للودنات ولذلك يفضل تركها على وضعها العادي كما هي مع إضافة صف علوي من الودنات بحيث تكون مساحته مساوية لمساحة ودنات الصف السفلي أو تمثل نصف مساحته فقط .



شكل رقم (٢) فرن الدست ذات الهواء المقسم .

### ارتفاع اسطوانة ( عمود ) الفرن Shaft Height

يقصد باسطوانة الفرن هي المسافة الرأسية ابتداء من الودنات وحتى باب الشحن Charging Door ، وهي تملأ بالحجم الكافي والمناسب من الخامات الحديدية والكوك ،



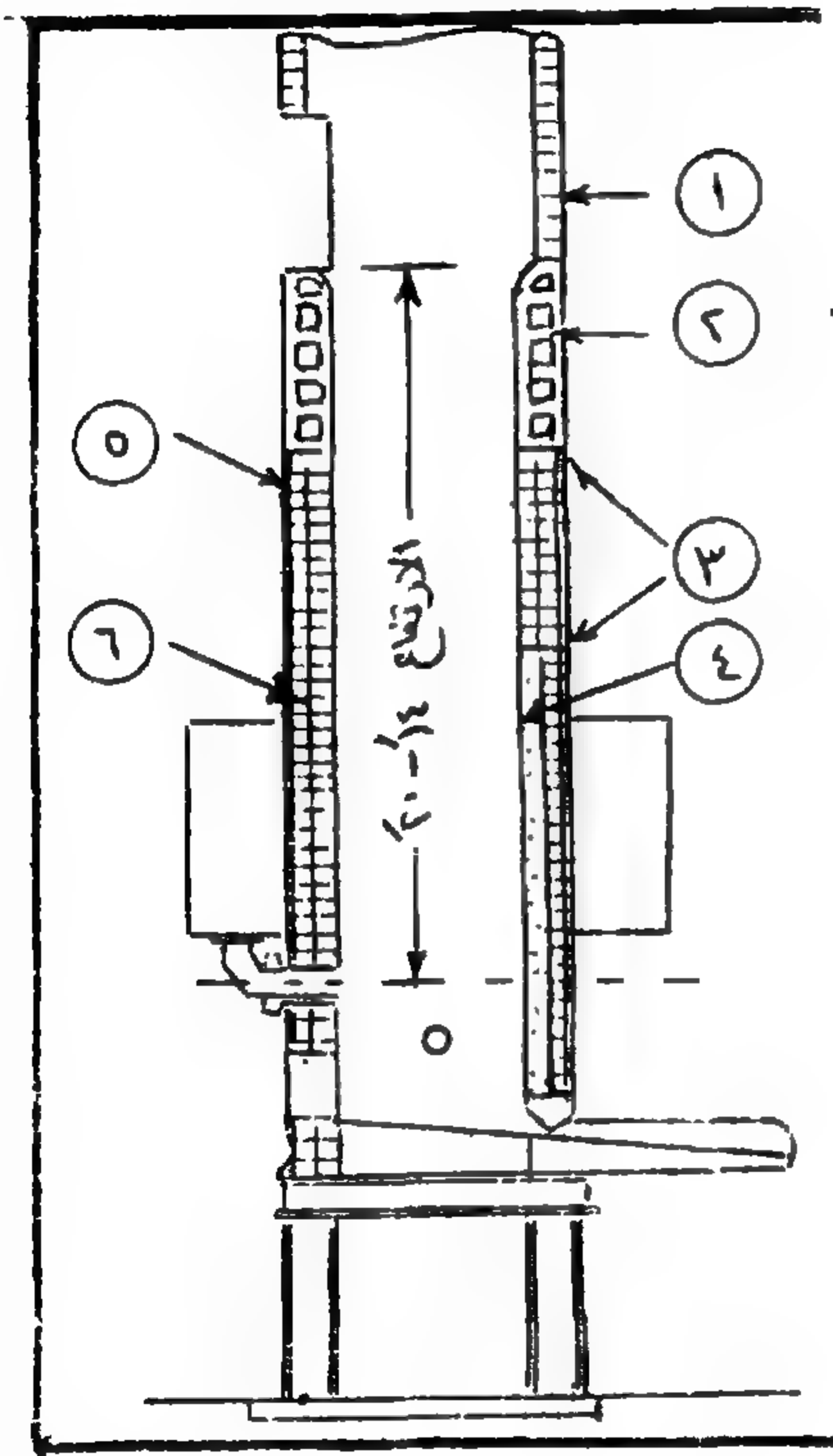
لتمتص أكبر قدر ممكن من الحرارة المنبعثة من الغازات المتصاعدة من الفرن . ويصل إرتفاع إسطوانة الفرن الموصى به لأفران الدست التى تعمل بالهواء البارد من ٤.٣ متر إلى ٦ متر ( ١٤ - ٢٠ قدم ) . فإذا كان إرتفاع الاسطوانة أقل من ٤.٣ متر فإن مخزون الشحنات داخل الفرن يتعرض لعملية تسخين أولى بدرجة غير كافية ، وبذلك يحدث فقد كبير فى الكفاءة الحرارية للفرن Thermal Efficiency . وفى نفس الوقت فإنه من غير المستحب زيادة إرتفاع الاسطوانة عن ٦ متر ، للحصول على كفاءة حرارية ليست على درجة معقولة من الأهمية ، إلى جانب أنه فى حالة الحاجة إلى ضرورة تعديل الشحنة أو تغييرها ، فإن تأثير هذا التعديل لن يظهر قبل مرور وقت طويل ويرجع هذا إلى إرتفاع عدد الشحنات داخل الفرن .

### بطانة الفرن Lining

يجب أن تكون بطانة الفرن سميكة بدرجة كافية ، لئلا تتحمل التآكل والتشقق الناتج من تشغيل الفرن ، وقد يتم تبطين الفرن باستخدام طوب حرارى Fire Bricks أو حراريات مركوكة Rammed ، وفى حالة استعمال الطوب الحرارى تستخدم طريقة مناسبة للبناء بتشكيل حلقتين من الطوب الدائرى ( طوب سكية ) أو بلوكات حرارية Blocks ذات مقاسات تتناسب مع قطر الفرن ، وهى طريقة أفضل من الناحية الاقتصادية حيث إن الحلقة الخارجية من الطوب الحرارى يمكن أن تتحمل وتظل مدة أطول فى الفرن ، بينما الحلقة الداخلية تحتاج إلى ترميم أو تغيير ويجب أن تكون الفواصل بين الطوب Joints أضيق ما يمكن ، حيث إن مهاجمة الخبث لهذه الفواصل يؤدي إلى خفض عمر المبنى . وكل مدماك من المبنى يجب أن يوضع بعناية فى المنطقة التى فوق الودنات وبارتفاع ١.٥ متر ( ٥ أقدام ) . كما يتم تركيب حلقات من الحديد ( على شكل زاوية حديد ) كأرفف لتسند المبنى ، وعلى مسافات تتراوح بين ١.٥ - ٢ متر ( ٥ - ٧ قدم ) بهدف تثبيت البطانة وتدعيمها ، كما هو موضح فى شكل رقم (٣) ومن المناسب ترك مسافة بطول ٤ سم ( ٠.٥ بوصة ) بين المبنى والصاج الخارجى للفرن وتملا هذه المسافة بالطين الحرارى أو الرمل أو الجانستر . وهذا الفراغ يساعد على امتصاص التمدد الذى يحدث للطوب الحرارى أثناء التسخين الابتدائى للفرن وكذلك ليمنع صاج الفرن من الاحمرار فى حالة اختراق المعدن السائل للطوب الحرارى من خلال الفواصل . أما فى حالة استعمال البطانة من الحراريات المركوكة



Rammed فيجب تحديد سمكها بحوالى ١٠ سم ( ٤ بوصة ) مع استعمال حلقة خارجية من الطوب الحرارى ، حيث إن الحراريات المركوكة ذات السمك الكبير يكون من الصعب ( وليس مستحيلا ) تجفيفها وتحميصها . وعلى وجه العموم فإن سمك أى بطانة حرارية يجب ألا يقل عن ١٥ سم ، فيما عدا فى الأفران الصغيرة جداً والتي تعمل لفترات صغيرة . وفى حالة العمل لمدة لاتزيد عن ٦ ساعات فإن البطانة التى سمكها ٢٢ سم تكون كافية . أما فى حالة العمل لمدة لاتقل عن وريدية كاملة فإن السمك المناسب يكون ٣٠ سم ( ١٢ بوصة ) . أما



شكل رقم ٣

البطانة الحرارية لفرن الدست ذات الهواء البارد

- ١ - طوب حرارى
- ٢ - بلوكات حديد زهر .
- ٣ - حلقات من الحديد ( زاوية حديد )
- ٤ - بطانة حرارية مركوكة
- ٥ - فراغ مملوء بالرمل أو الجانستر
- ٦ - بطانة كاملة من الطول الحرارى .

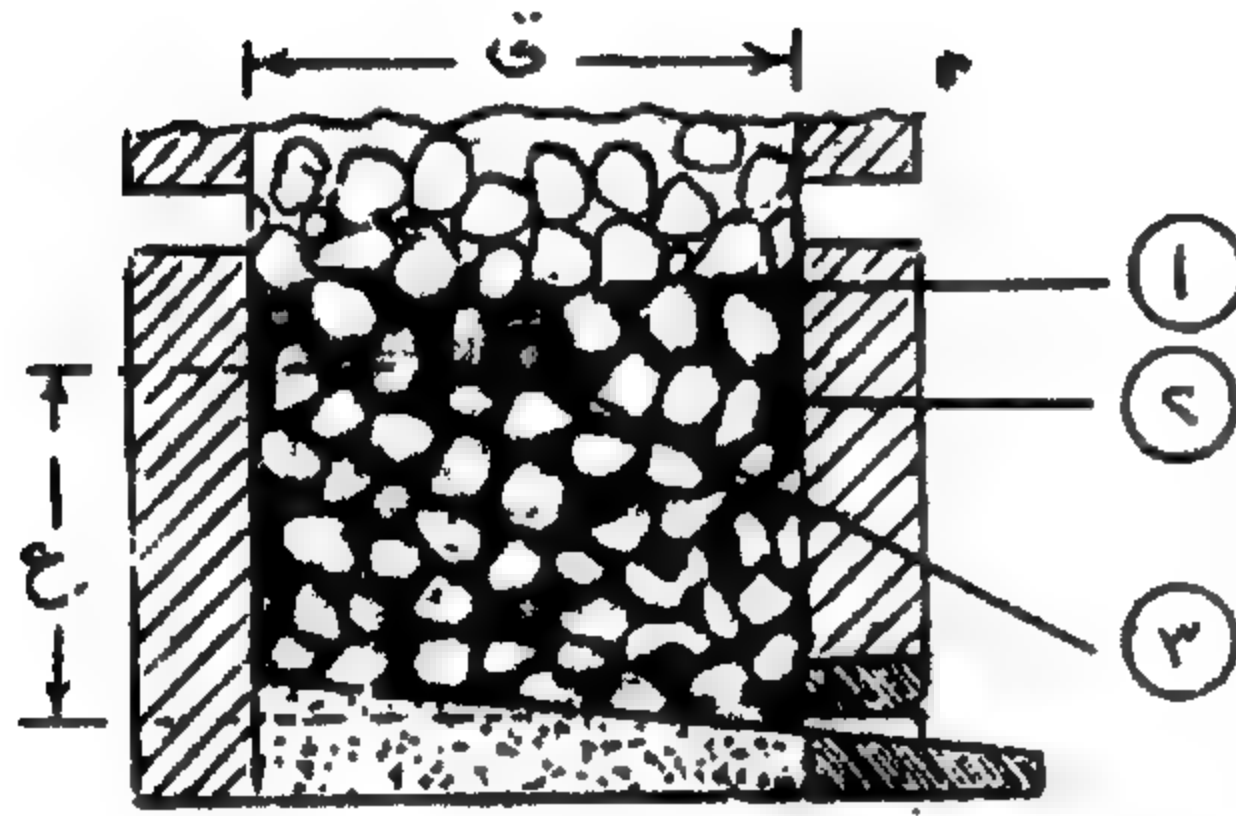
شكل رقم (٣) البطانة الحرارية لفرن الدست ذات الهواء البارد .



الجزء العلوى من الفرن فقد يتم بناؤه بطوب زهر مجوف Hollow Cast Iron ليتحمل الصدمات الناتجة عن شحن الخامات . أما المسافة التى فوق مستوى فتحة الشحن ( المدخنة Stack ) فقد يتم بناؤها باستخدام صف واحد من الطوب الحرارى الدائرى ( طوب السكينة Circle Bricks ) .

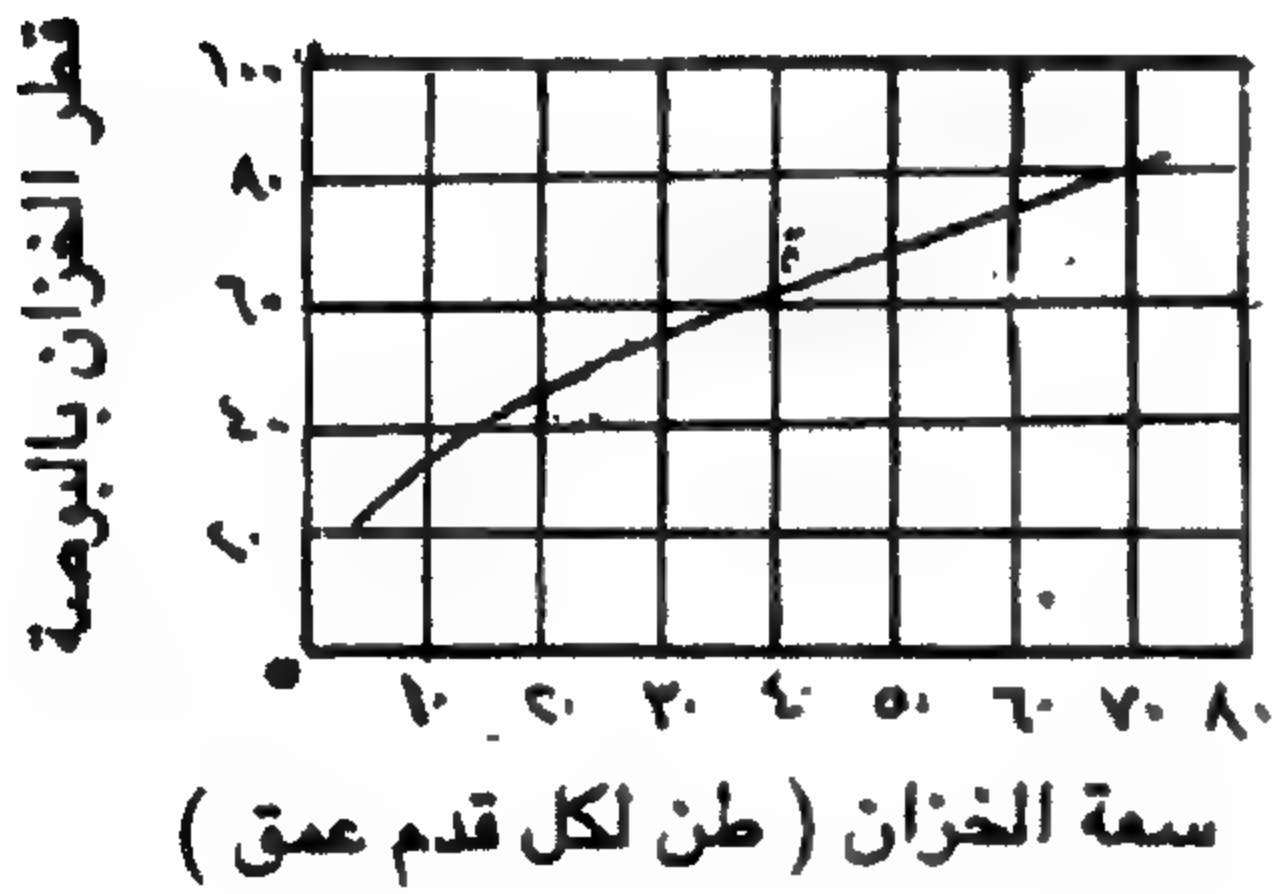
### عمق خزان المعدن ( الخزنة ) Well Depth

الخزنة هى الجزء من الفرن الذى يقع فى المسافة بين الودينات حتى الركة الرملية فوق قاع الفرن والهدف منها هو تخزين كمية مناسبة من المعدن والخبث حتى يتم فصلهما عن



شكل رقم ( ٤ - أ ) شكل خزنة المعدن

- ١ - الخبث ( الجلخ ) .
- ٢ - المعدن المصهور .
- ٣ - فتحة الجلخ .



شكل رقم ( ٤ - ب )  
العلاقة بين قطر الخزان وسعته .

شكل رقم ( ٤ )

( شكل خزنة المعدن والعلاقة بين قطر الخزان وسعته ) .



بعضهما البعض ولحساب سعة الخزنة بدقة فهي المسافة بين الركة الرملية وحتى فتحة الخبث الجانبية ودائماً ما تكون فتحة الخبث في الجهة المقابلة لفتحة اليزل Taphole وعلى مسافة حوالي ١٥ سم أسفل الودنات . وهناك طريقة حسابية لتقدير كمية المعدن الموجود داخل الخزنة والموضحة في شكل ( ٤-١ ، ٤-٢ ) والتي تعطى سعة الخزانات لكل متر عمق أو قدم عمق بالنسبة لكل قطر من أقطار الأفران المختلفة ، ومن الطبيعي إذا سمح بتواجد جزء كبير من الجليخ ليتجمع داخل الخزنة ، فإن وزن المعدن سيكون أقل من الوزن المحسوب من خلال شكل ٤-١ بفرض أن العمق الفعال = ٠.٠ يكون حجم الخزان = ط نق ٢ ع سم ٣ وخيث إن كثافة الحديد المتصلب = ٧.٨ جم/سم<sup>٣</sup> ، حيث إن الفحم يحتل حوالي ٥٠٪ من حجم الخزان . تكون سعة الخزان = ٠.٥ ط نق ٢ ع × ٠.٠٠٧ كجم .

في الأفران التي تتم فيها عملية تصريف المعدن بصورة منقطعة Intermittently Tapping يجب أن تكون الخزنة ذات سعة كافية لضمان حدوث خلط متجانس ومناسب للمعدن . وعند تصريف المعدن يكون من زهر تماسيح وخردة زهر مسبوك ، فإن خزنة الفرن يجب أن تكون قادرة على تخزين شحنتين من شحنات الفرن على الأقل . أما إذا احتوت شحنة الفرن على نسبة مرتفعة من خردة الصلب ، أو إذا أضيفت إلى الشحنات نسبة كبيرة من السبائك الحديدية Ferro Alloys ، ففي هذه الحالة يجب أن تكون سعة الخزنة لا تقل عن ثلاث أو أربع شحنات خام . ومن ناحية أخرى فإن أقصى ارتفاع ( عمق ) لخزنة الفرن يجب ألا يزيد عن متر واحد ، وذلك لمنع الفقد غير الضروري لدرجة حرارة المعدن ، ويجب أن يتم تعديل وزن شحنة الفرن بما يتلاءم مع سعة الخزان وأقصى عمق للخزان داخل نطاق المتر الواحد . ويجب الأخذ في الاعتبار أنه من المؤكد أن الخلط المناسب والكافي للمعدن لن يحدث إلا في حالة امتلاء الخزنة بالكامل . أما في حالة الصب المستمر Continuous Tap-ping فإن عمق الخزنة يجب أن يكون كافياً فقط لمنع الجليخ من الدخول إلى الودنات ، عند أقل معدل متوقع لدفع الهواء ممكن استعمله .



## الباب الثانى

### الجوانب العملية فى عمليات تشغيل أفران الدست

#### Practical Aspects of Cupola Operation

فى كثير من المسابك يتم اعتبار أن أفران الدست من الأشياء المسلم بها . وقد تقع بعض الأخطاء البسيطة فى عملية التشغيل ، والتي يتم التغاضى عنها أو إهمالها بسبب اعتياد إدارة المسبك عليها . وهذه الأخطاء من الممكن أن تؤدى إلى مشاكل خطيرة بالإضافة إلى الخسائر المادية . وهذا الباب يدرس ويحل بعض هذه المشاكل المعروفة فى عملية تشغيل أفران الدست .

#### ترميم بطانة الفرن Lining Repair

إن أول عمل يبدأ به اليوم فى المسبك هو ترميم بطانة الفرن ، وذلك بهدف إصلاح وترميم الأجزاء المتآكلة نتيجة الاحتكاك Wear والشقوق Tear والتي نتجت عن تشغيل الفرن فى اليوم السابق ، وعملية الترميم تهدف إلى ضمان أن الفرن له نفس مقاسات القطر الداخلى الأصلية قبل إعادة تشغيله ، حيث إن حدوث اتساع لمنطقة الصهر ( بيت النار Melting Zone ) وخزنة المعدن Well فى نهاية عملية الصهر يؤدى إلى انخفاض معدل الصهر ، مع ضرورة استعمال كمية أكبر من فحم الكوك كفرشة Coke Bed للوصول إلى الارتفاع المطلوب .

وإذا لم تتم عملية الترميم على الوجه الصحيح فسوف يكون من المتوقع حدوث متاعب للفرن منها :

- ١ - تكوين خبث عند نهاية الودنات أثناء التشغيل Slagging .
- ٢ - توقف تام لعملية الصهر بسبب تكوين خبث على شكل حصيرة أو كوبرى Bridge .
- ٣ - ظهور بقع حمراء ساخنة على صاج الفرن أثناء التشغيل Hot Spots .
- ٤ - قد يحتاج الفرن إلى إعادة بنائه ربما بعد شهر واحد فقط من عملية التجديد السابقة .



وفى معظم الأحيان يلقى المسؤولون باللوم على الطوب الحرارى وسوء نوعيته ، بينما فى واقع الأمر يرجع السبب الحقيقى إلى الطريقة المتبعة فى عملية الترميم نفسها . ومن الأمور التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار أن عملية الترميم داخل فرن الدست هى من العمليات الصعبة ، خصوصاً فى حالة الأفران الضيقة . لكن مع ذلك ولضمان سلامة عملية الترميم فإنه يجب تذكر العامل القائم بعملية الترميم بهذه النقاط الأساسية التالية :

١ - تنظيف الفرن جيداً من الداخل Cleaning .

٢ - تخفيض نسبة الرطوبة فى مواد الترميم Moisture Content .

٣ - تجفيف مكان الترميم بطريقة بطيئة Drying Slowly .

### **تنظيف الفرن من الداخل :**

عند القيام بتنظيف الفرن يجب إزالة كل ما تبقى من الجليخ وكتل الفحم الملتصقة ومصهور الزهر الموجود فى الشقوق ، ويجب أن تجرى عملية التنظيف بعناية حيث إن المونة الحرارية لايمكنها الالتصاق فى وجود هذه الشوائب من جليخ وفحم وزهر . أما الطوب الذى أصبح سطحه زجاجياً أملس Glazed فليس من الضرورى إزالته ولكن يكفى القيام بتخشينه لمساعدة المونة الحرارية على الالتصاق به .

### **تخفيض نسبة الرطوبة فى مواد الترميم :**

يجب أن تضاف المياه إلى خلطة المونة الحرارية Patching Material وبالكمية الضرورية فقط ، لتجعلها مرنة وجاهزة للعمل .

### **تجفيف أماكن الترميم بطريقة بطيئة :**

يجب إجراء عملية تجفيف بطريقة بطيئة للأماكن التى تم ترميمها قبل تجهيز الفرن للتشغيل فى الصهرة التالية . وفى حالة ما إذا لم تتم عملية التجفيف بدرجة كافية ، أو لم تتم نظافة الفرن تماماً قبل إجراء عملية الترميم ، فإن المرمة سوف تنفصل عن بطانة الفرن وتسقط فى أثناء الصهرة . وهذا يؤدى بالضرورة إلى تكوين جليخ عند مداخل الوينات وفى أسوأ الظروف قد يتكون كوبرى ( حصيرة Bridge ) مكون من الجليخ ومواد التبطين المتساقطة . وهذا الكوبرى يعوق عملية نزول الخامات داخل الفرن ، وتؤدى بالتالى إلى



توقف عملية الصهر تماماً . وحتى في حالة عدم سقوط مواد التبطين فإن الأجزاء الداخلية التي خلفها تبدأ في التعرض لعملية التآكل والتفتت ، مما يؤدي إلى ضرورة إزالتها عند إجراء عملية الترميم التالية ، وبالتالي يؤدي إلى زيادة سمك الأماكن المطلوب ترميمها ، وبالتالي لن يتم تجفيفها بصورة أفضل من حالتها في المرة السابقة ، وبالتالي تكون فرصة سقوطها في بداية الصهرة التالية فرصة أكبر من التي قبلها . وعلى هذا تبدأ ظهور سلسلة من المشاكل ، تؤدي في نهاية الأمر إلى ضرورة تغيير الطوب الحراري في بيت النار بالكامل ، وأحياناً بعد أقل من شهر من التبطين السابق .

وهذا الوضع منتشر في المسابك التي يكون بها فرن واحد فقط ، والذي يتم تشغيله كل يوم حيث لا يكون هناك الوقت الكافي لإجراء عمليات التنظيف والترميم والتجفيف بالطريقة الصحيحة . وفي ظل هذه الظروف فإنه من المتوقع انخفاض عمر البطانة ، وفي هذه الحالة لا يجب توجيه اللوم إلى أسلوب الترميم أو العامل القائم بالترميم ، حيث إنه يقوم بأداء عمله على أكمل وجه في ظل ظروف عمل صعبة .

يجب المحافظة على مقاس القطر الداخلي عند منطقة بيت النار كما هي في التصميم الأصلي للفرن ، وإلى جانب ذلك يجب التأكد من أن البطانة في جميع أجزاء الفرن ذات سمك واحد ، وذلك بعمل قياسات تبدأ من حافة الودنات الخارجية إلى حافة منطقة الترميم الداخلية ، وفي اتجاه محور الفرن وعلى جميع الودنات للتأكد من انتظام وتساوي سمك البطانة في جميع الاتجاهات .

وحديثاً فإن معظم الأفران التي يزيد قطرها عن ١٠٠ سم يتم ترميمها باستخدام طريقة الرك بالهواء المضغوط Monolithic Patching باستخدام مسدس الهواء ، وهذه الطريقة تؤدي إلى تخفيض زمن الترميم والصيانة وتكلفة الخامات ، كما إنها تعطي نتائج مناسبة وثابتة .

وهناك بعض النقاط التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار ، وهي :

١- عملية التنظيف : في حالة استخدام الجانستر في الخلطة الحرارية لعملية الترميم فإنه من الواجب إزالة الجليخ والكوك الملتصق بجوانب الفرن ، ولكنه في نفس الوقت ليس من الضروري إجراء عملية التخشين للأجزاء الملساء من البطانة ، حيث إن مواد الترميم في



هذه الحالة لها القدرة على الالتصاق بالأجزاء الملساء .

٢- يجب أن تستخدم عوارض لتثبيت مواد الترميم ، والتي تكون قوة تحملها ضعيفة وهى رطبة إلى أن تتم عملية التحميص ( التزجيج Vitrification ) وتعتمد طريقة استخدام العارضة على مدى اتساع فتحة الاشعال الخلفية ، لكنه قد يكون من الضروري وجود صف من الطوب الحرارى فوق الودنات مباشرة .

٣- ضبط نسبة الرطوبة : من الضروري وجود نسبة كافية من المياه فى خلطة المونة ، ولكن من الضروري أيضاً معرفة أن الرطوبة الزائدة واختلاف نسبة توزيعها فى الخلطة قد يؤدي إلى ظاهرة التشظى Spalling .

٤- عملية الترميم : يمكن تقليل قوة ارتداد المونة ، وذلك باستعمال مواد الترميم وقذفها بالزاوية المناسبة والصحية بالنسبة إلى سطح البطانة الحرارية ، مع استخدام الحركة الدائرية المتدرجة . ولنع حدوث تشظى Spalling يجب قذف المادة الحرارية إلى أسفل وفى طبقات أفقية ، لبناء البطانة بطريقة متدرجة تبدأ من عند الودنات وفى الاتجاه إلى أعلى . لهذا يجب استخدام سقالة مناسبة لتسهيل قيام العامل بالمهمة على وجهها الصحيح . كما يجب أن يظل مستوى هواء الرك وحجمه ثابتاً وكافياً . حيث إن التقصير فى هذه الأمور كلها أو بعضها سيؤدى بالتالى إلى خفض عمر البطانة .

### فرشة الكوك Coke Bed

إن أكثر الأعمال تأثيراً فى نجاح تشغيل أفران الدست هو طريقة تحضير فرشة الكوك ، وذلك لأن الارتفاع المبدئى لفرشة الكوك فوق الودنات أولاً ثم درجة اشتعال هذه الفرشة ثانياً ( قبل بداية شحن المعدن ) هما من العوامل الحيوية المؤثرة ، والتي تحكم ولدى كبير ، درجة حرارة المعدن ومعدل الصهر اللذين يمكن الحصول عليهما فى بداية تشغيل الفرن . ومن المستحيل تلافى أو علاج أى خطأ فى إعداد فرشة الكوك قبل مرور ساعة على الأقل من بداية تشغيل الفرن ونزول المعدن .

وهذه النقاط معروف أهميتها ولذلك فإننا نعتبرها من الأمور المسلم بها . وفى كثير من الأحيان تتم عملية إعداد فرشة الكوك فى العديد من المسابك فى غياب طاقم الإشراف ، وينتج عن ذلك نزول كميات من الزهر البارد حيث يتم صبه على شكل تماسيح فى وقت



مناسب في بداية تشغيل الفرن ، وهذا الوضع عادة مايكون مقبولا . ولايوجد سبب واحد مقنع لمعرفة لماذا يجب أن يحدث ذلك . وهناك أربع نقاط يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تجهيز فرشاة الكوك ، وهي :

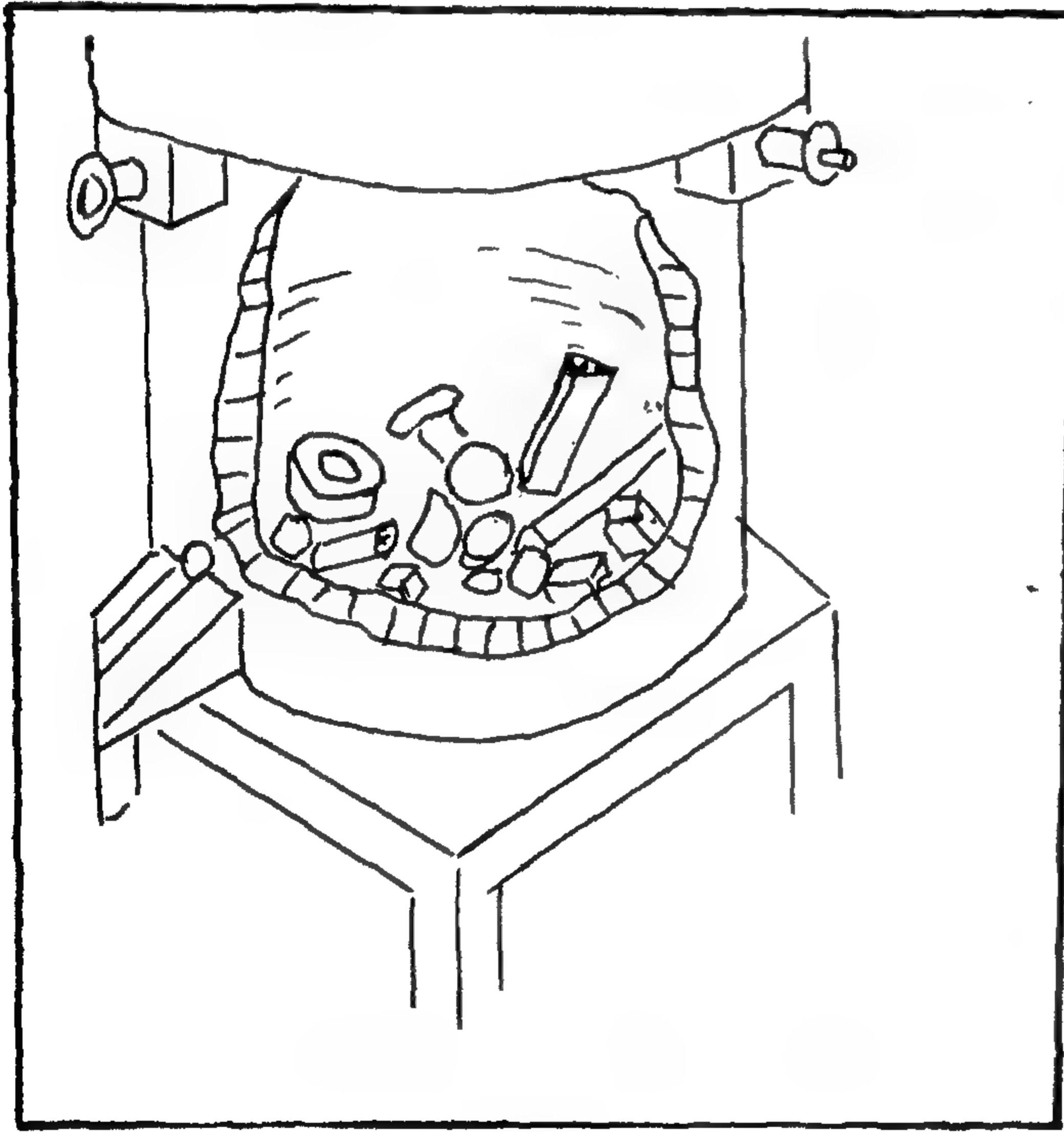
١ - طريقة الاشعال Ignition .

٢ - الاضافات Additions .

٣ - سد الفراغات والغرزة ( التكبيس ) Consolidation .

٤ - القياس Measurement .

توجد طرق عديدة لإشعال فرشاة الفحم في المسابك . والطريقة الأولى موضحة في



شكل رقم (٥) والتي يستخدم فيها الخشب مع الخيش المبلل بالزيت Oily Rags ونادراً ما يستخدم الفحم الحجري ، وهذه الطريقة لها عيوبها وهي أن تكلفة العمال المستخدمة في تجميع وتجهيز المواد المستخدمة في الإشعال تكلفة عالية ، إلى جانب أنها تأخذ وقتاً غير قصير في إشعال الفحم وينتج عنها أدخنة ، وهذه

شكل رقم (٥) الطريقة القديمة لإشعال الدست .

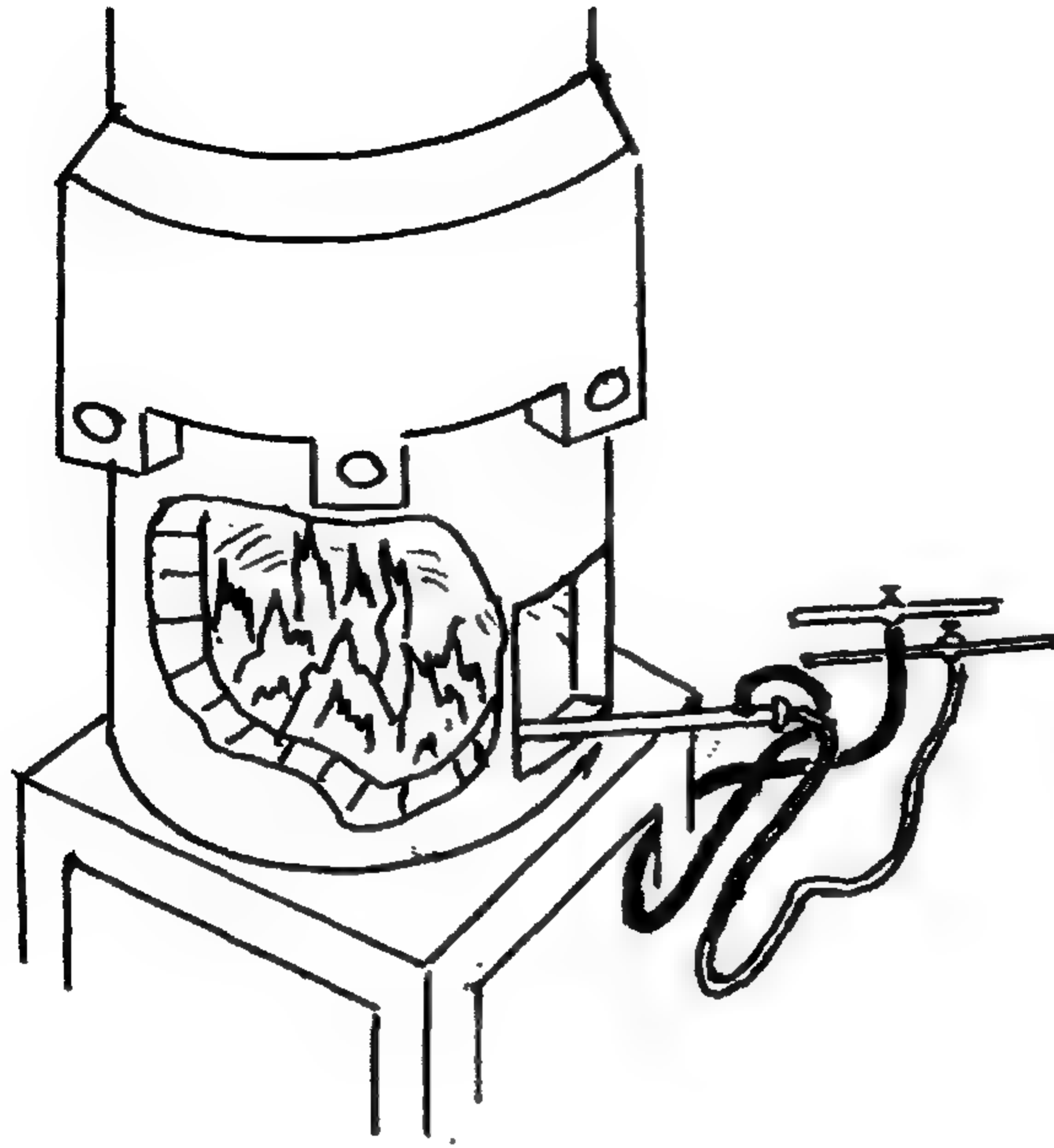
الطريقة تخالف توصيات الحكومات المحلية في بريطانيا والمعمول بها منذ ١٩٦٨ بخصوص



مكافحة تلوث  
الهواء .

وهناك  
طريقة أفضل وهي  
في الحقيقة  
الطريقة الوحيدة  
المقبولة ، والتي  
تستجيب للقواعد  
المعمول بها بشأن  
مكافحة تلوث البيئة  
، وهي موضحة في  
الشكل رقم (٦)  
حيث يستخدم فيها

لمبة تسخين يتم  
إمدادها بالغاز



شكل رقم (٦) الطريقة الحديثة لإشعال الدست .

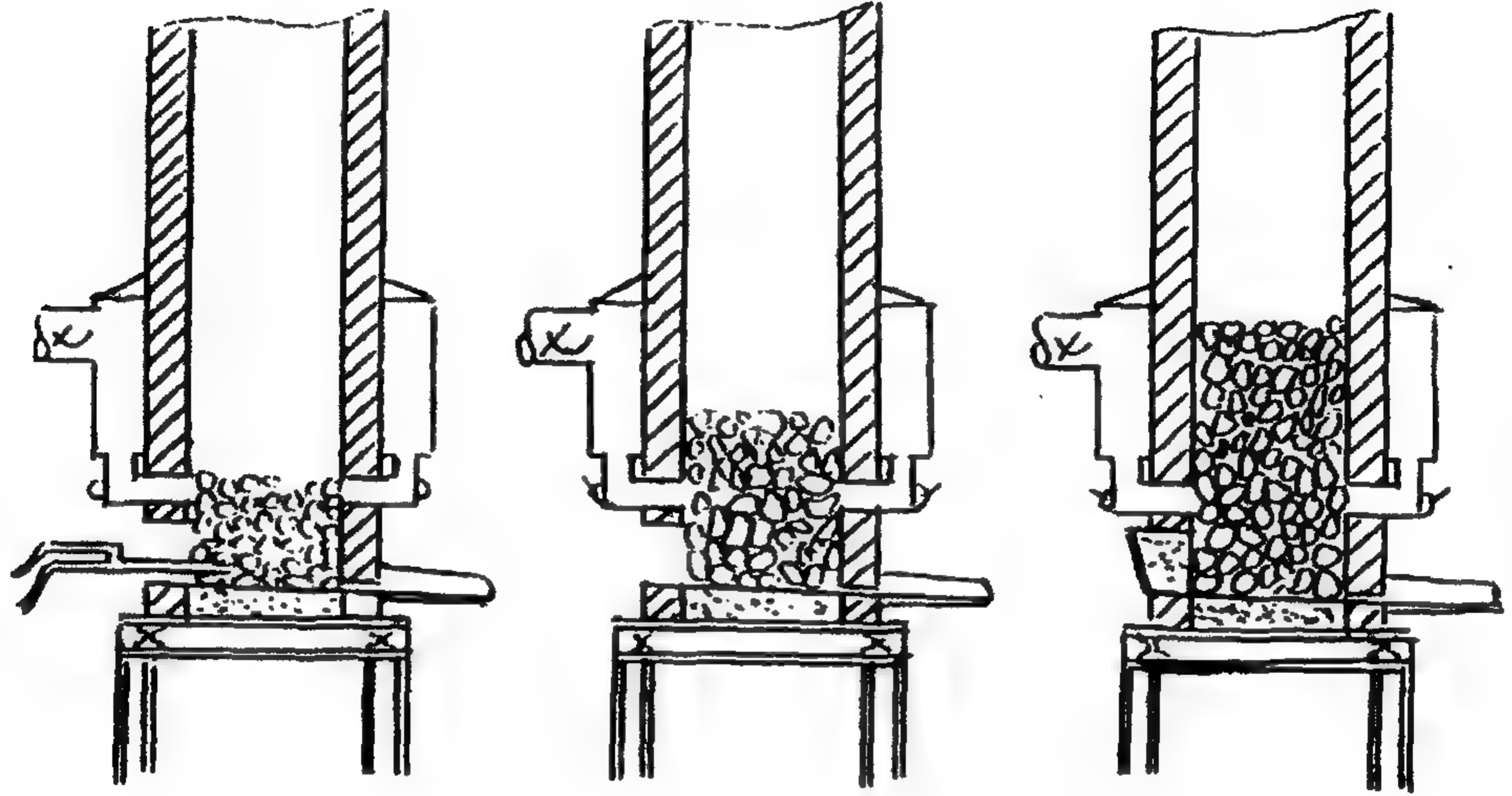
والهواء ( أو السولار والهواء ) وهي طريقة بسيطة وسهلة ونظيفة ، كما أن المعدات المستخدمة فيها بسيطة ويمكن تركيبها في معظم المسابك . وحتى إذا لم يكن ممكناً عمل وصلات للإمداد بالغاز والهواء ، فإنه من الممكن استخدام تجهيزة كاملة يمكن نقلها على تروالى . ويتم كبس خزان الوقود بواسطة ضاغط صغير ( كومبريسور ) .

ويمكن استبدالها بوحدة مكونة من اسطوانات أكسجين وبروبان . ونظراً للأهمية القصوى لطريقة إعداد فرشاة الكوك بالطريقة الصحيحة ، فإنه من الواجب اتباع بعض القواعد الضرورية ، والموضحة في الشكلين رقمي (٧ ، ٨) وهي على النحو التالي :

أولاً يتم تسوية الفرشة وحتى مستوى الوبنات يدوياً ، ويتم إشعال الفحم باستخدام لمبة الإشعال والتي توضع بارتفاع عدة سنتيمترات فوق مستوى الركة الرملية ، وتكون مستندة على بعض قطع الكوك ، بحيث تكون فوهة لمبة الإشعال بالقرب من منتصف الفرن . ويبدأ في إشعال الفحم بعد ذلك وأغطية الوبنات مغلقة ، وبعد التأكد من تسوية الفحم



واشتعاله بانتظام يتم فتح أغطية الوبنات مع إضافة كميات أخرى من الفحم عبر باب الشحن العلوى مع استمرار الإشعال ، حتى يصل أقصى إرتفاع للفرشة لمستوى يقل بمقدار ٣٠ سم عن المستوى النهائى . وعند اشتعال فرشة الفرن عند أقصى إرتفاع لها يتم غلق الفتحة الخلفية ( فتحة الترميم Fettleing Door ) وتسويتها .



الأشعال

زيادة إرتفاع الكوك

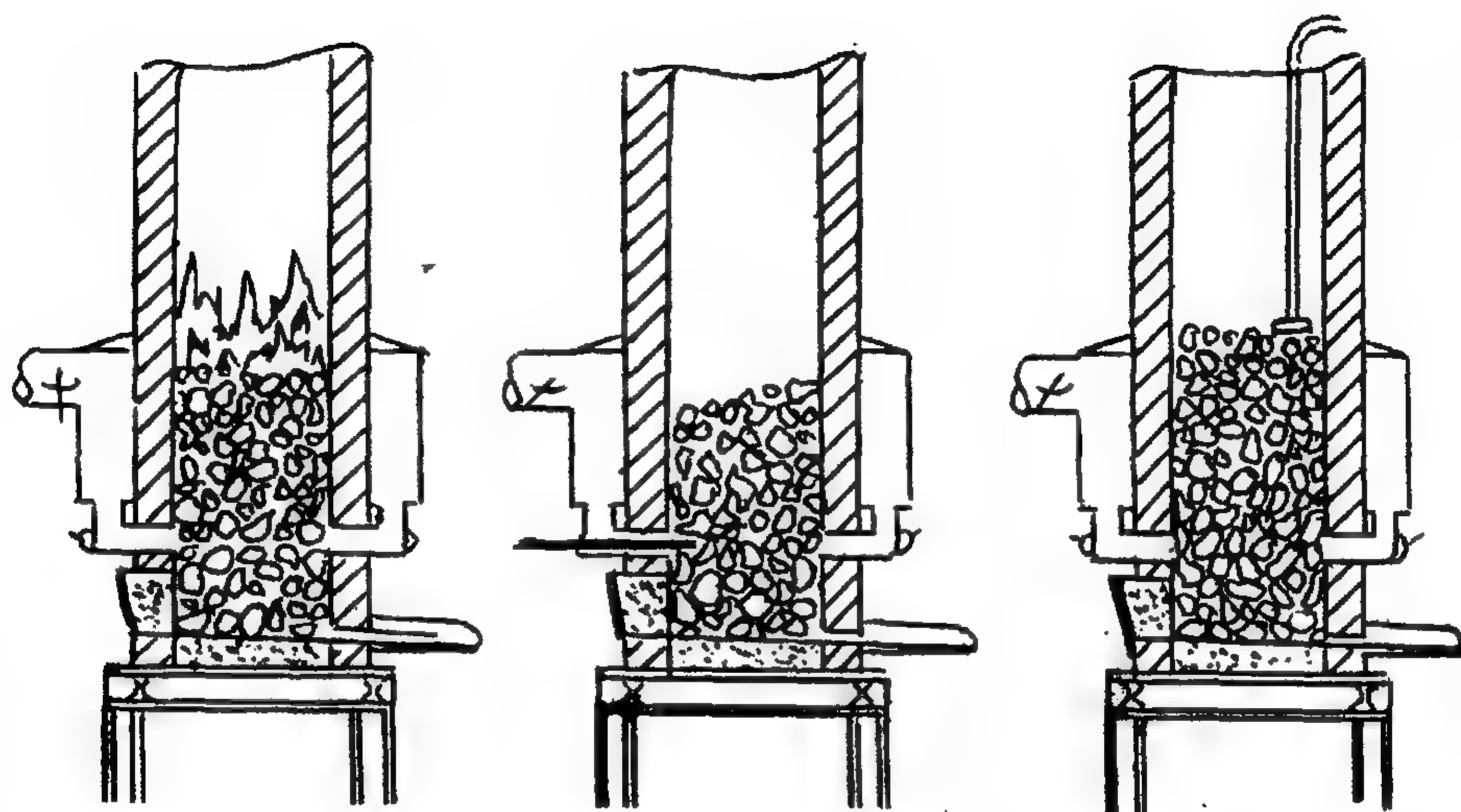
شكل رقم (٧) الطريقة الحديثة لإعداد فرشة الكوك بالدست .

بعد ذلك يتم غلق أغطية الوبنات مرة أخرى ، ويستكمل إشعال فرشة الفحم باستخدام مروحة الهواء لعدة دقائق ويمعدل هواء خفيف ، ويجب التأكيد على أن عدة دقائق فقط هو المطلوب . وفى هذه الأثناء يتسرب جزء من الهواء إلى أسفل ليمر خلال الخزنة ، ويقوم بتسخين فتحة البزل Taphole تسخيناً مبدئياً . وهذه هى الطريقة المفضلة حيث إن الوقت المستخدم يكون محدوداً .

وعند إيقاف المروحة يتم فتح أغطية الوبنات ، وإجراء عملية تسليك للوبنات ، وعملية غزغزة وتقليب للفحم داخل الفرن من خلال فتحات الوبنات كلها باستخدام عتلة حديدية



مخصوصة ، وذلك بهدف غلق وسد أى فراغات قد تكون موجودة بالفرشة . وعند حدوث أى تقصير فى خطوات هذه العملية البسيطة فسوف يؤدى بالتالى إلى انخفاض درجة حرارة الزهر فى بداية التشغيل . وإذا حدث انخفاض لمستوى فرشاة الفحم فوق الودنات لمسافة ٣٠ سم ، بسبب القيام بعملية التسليك والغززة فقط بالطريقة التى سبق شرحها ، فيعتبر هذا أمراً طبيعياً .



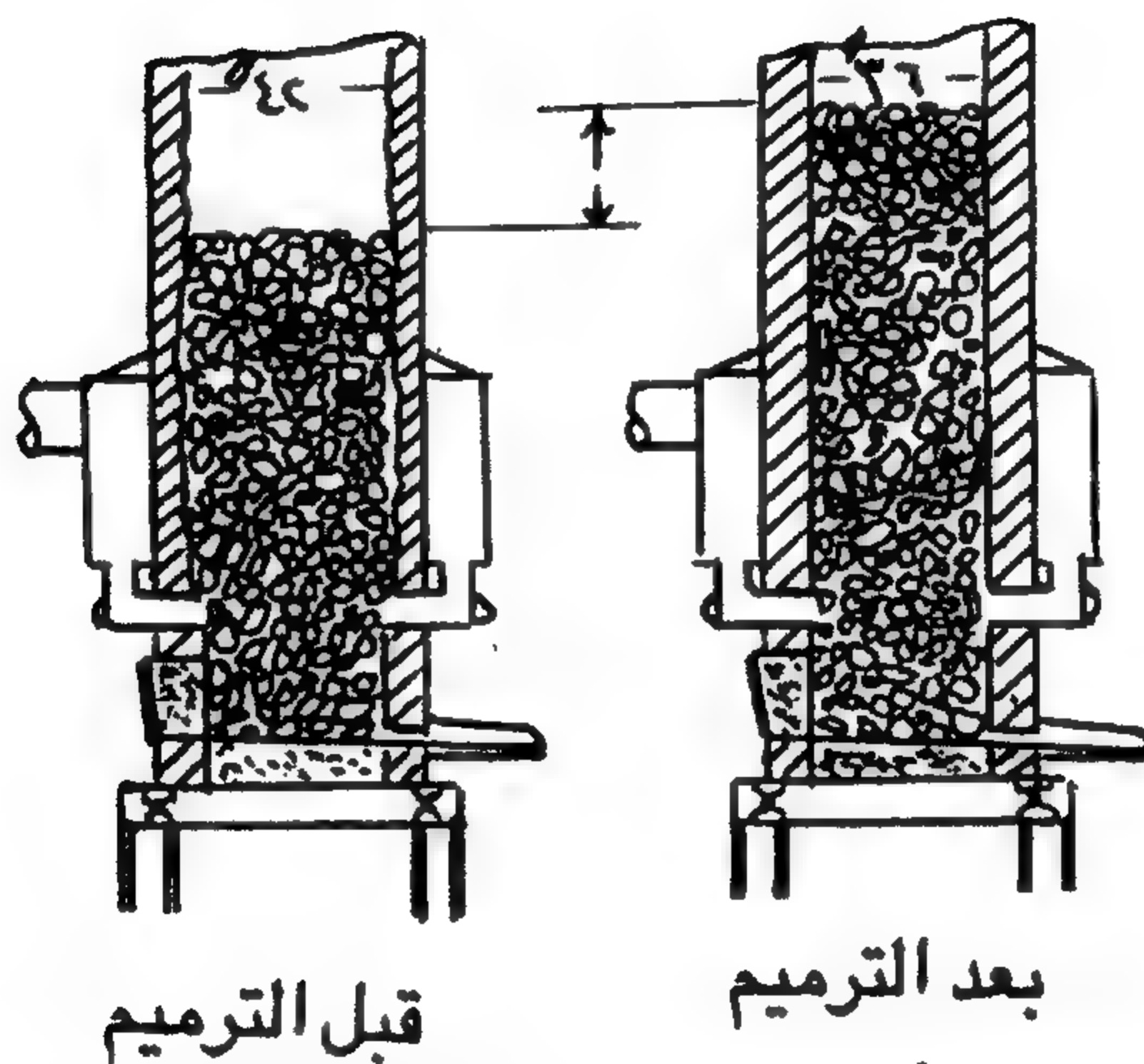
قياس إرتفاع الفرشة      الغززة والتكيس      إستكمال الإشعال

شكل رقم (٨) استكمال عملية إعداد فرشاة كوك فرن الدست .

ثم يتم مراجعة إرتفاع الفرشة واستكمال شحن الفحم حتى تصل إلى المستوى المتفق عليه مسبقاً . وفى هذه الحالة فإن طبقة سمكها حوالى ٣٠ سم من الفحم البارد يجب إضافتها وهذا يؤدى إلى إنتاج معدن ساخن وإشعال جيد عند بداية شحن الخامات فى بداية الصهرة . وهذا يمنع انصهار الخامات أثناء شحن الفرن وقبل تشغيل المروحة . وهذا بالتالى يمنع حدوث انسداد فتحة البزل بالمعدن البارد ( تكوين مسمار ) عند بداية نزول المعدن .

ومن الواجبات الضرورية قبل شحن الخام ، القيام بقياس إرتفاع فرشاة الكوك فوق الودنات . وقد تم حساب الارتفاعات المثالية لكل مقاس من أفران الدست ولكل ظرف من

ظروف التشغيل ، وليس من الملائم استخدام وزن معين لفحم الكوك ، حيث سيؤدي ذلك إلى اختلاف ارتفاع الفرشة يوما عن يوم تبعاً للمقاس الداخلى للفرن ( شكل ٩ ) . فمثلاً أثناء اتساع الفرن وقبل إجراء عمليات الترميم ، إذا تم استخدام وزن معين من الكوك سيؤدي ذلك إلى انخفاض مستوى فرشاة الفحم . أما بعد إجراء عملية الترميم سيؤدي ذلك إلى أن يصبح قطر الفرن ضيقاً ، ويؤدي ذلك إلى زيادة إرتفاع نفس الوزن من الكوك الذى تم وضعه قبل الترميم ، وبالتالي يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة ، وتأخر ظهوره وهذا المثال يبين بوضوح أهمية قياس فرشاة الفحم فى كل مرة .



شكل رقم (٩) عملية الترميم وتأثيرها على ارتفاع فرشاة كوك الدست .

### انسداد فتحة البزل Hard Taphole

يحدث انسداد لفتحة البزل ( فتحة صب المعدن ) بسبب تجمد المعدن البارد داخلها ، وهذا عادة مايحدث فى بداية تشغيل الفرن ونادراً مايحدث بعد توقف الفرن لمدة طويلة ، وأحيانا يكون السبب هو تجمد الجليخ .

والأسباب المحتملة لحدوث انسداد للفتحة هى مايلى :

- ١ - الإعداد غير الجيد لفرشاة الفحم .
- ٢ - استعمال فرشاة الكوك أو خشب حريق يحتوى على مسامير أو بقايا معدنية .
- ٣ - زيادة طول فتحة تصريف المعدن Long Tap Hole .



٤ - زيادة رطوبة أو برودة فتحة البزل .

٥ - استعمال مواد غير مناسبة لسد فتحة البزل .

### **طرق القفل على مشكلة انسداد فتحة البزل**

#### **١ - الإعداد الصحيح لفرشة الكوك :**

- يجب التأكد من أن فحم الكوك الموجود بالخزانة تم اشتعاله ( تسويته ) تماماً قبل إغلاق فتحة الترميم .

- يجب التأكد من عدم شحن خامات معدنية فوق كوك متوهج مباشرة ، وذلك باستكمال إعداد الفرشة بإضافة فحم بارد لمسافة ٢٣ - ٢٠ سم ، وهذه الطريقة تمنع الخامات ( التى تم شحنها قبل تشغيل المروحة ) من الانصهار قبل الانتهاء من عملية الشحن بالكامل .

#### **٢ - عدم تلوث فحم الكوك أو خشب الحريق :**

- يجب استعمال فحم كوك لا يحتوى على أى قطع من الحديد أو المسبوكات التى قد تكون مدفونة فى الفحم .

- يجب استعمال طريقة لمبة الاشعال بدلاً من استخدام نشارة خشب قد تحتوى على مسامير أو بقايا معدنية .

#### **٣ - اختيار الطول المناسب لفتحة البزل :**

فى أنواع الأفران التى تصب المعدن بصورة متقطعة Intermittently Tapped يصل طول فتحة البزل من ٤ - ١٠ سم اعتماداً على قطر الفرن وقطر فتحة البزل . أما الأفران ذات الصب المستمر Continuous ، والتى تكون بها فتحات بزل ذات قطر واسع فإنه مسموح بزيادة طول الفتحة . وفى حالة الأفران ذات البطانة السميكة فيتم تخفيض طول الفتحة بعمل فجوة فى البطانة أو حتى فى حالة الضرورة يمكن عملها خارج الفتحة الأمامية للفرن .

#### **٤ - تجنب فتحة البزل الباردة أو الرطبة :**

- يتم بقدر الإمكان خفض حجم الحرارية المستخدمة فى بناء فتحة البزل ، والتى من

الضرورى تجفيفها ويفضل استبدالها بطوب حرارى مخصوص لفتح البزل .

- لابد من تجفيف فتحة البزل وتحميصها أو تسخينها مبدئياً باستخدام لمبة تسخين عند إعداد القرن .

- فى الأفران ذات التصريف المتقطع يمكن تجفيف فتحة البزل وتسخينها بالكامل ، وذلك بتركها مفتوحة عند بداية عملية الصهر حتى بداية ظهور قطرات المعدن المنصهر من الودينات ، ثم يتم غلقها جزئياً باستخدام رمال سوداء Black Sand أو بالليك رملى Core ، وذلك قبل إخال السداة الحرارية Bott فى فتحة البزل . أما فى الأفران ذات الصب المستمر فإنه يتم سد فتحة البزل من الداخل باستخدام الرمل ، وذلك قبل شحن فرشاة الكوك .

#### ٥ - المواد المستخدمة فى سداة فتحة البزل ( الطينة الحرارية )

##### Botting Material

فى الأفران ذات الصب المتقطع يجب أن تكون الطينة الحرارية من مواد مناسبة ، ونادراً ما يعرف المسؤولون بحدوث مشكلة انسداد فتحة القرن إلا بعد مرور وقت طويل ، ولاخلاف على أن طاقم المشرفين لا يعرفون كيف يتعاملون مع هذه المشكلة . ويمرور الوقت وبعد تواجد المعدات المناسبة تكون هناك استحالة لفتح فتحة البزل ويتوقف الإنتاج . وشكل رقم (١٠) يوضح المعدات الأساسية المطلوبة فى هذه الحالة ، وهى :

١ - اسطوانة أكسجين .

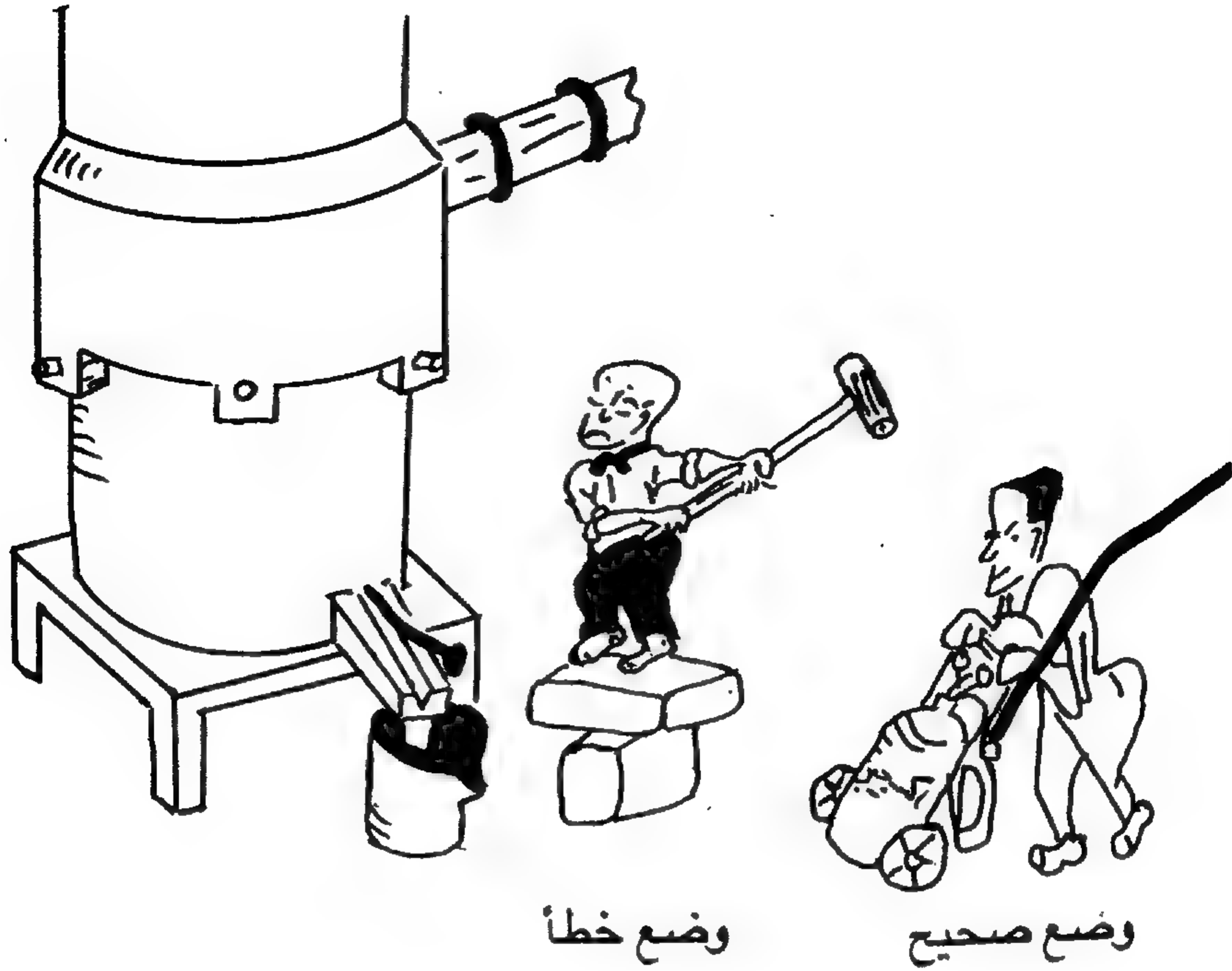
٢ - منظم ضغط .

٣ - خرطوم مطاط مرن .

٤ - وصلة معدنية (مجهزة) مخصصة للخرطوم .

٥ - ماسورة صلب بقطر خارجى ١٠ مم و قطر داخلى ٥ مم وطولها ١.٢ - ١.٨ متر لاستخدامها فى الأفران المتقطعة أما فى الأفران المستمرة فنحتاج إلى ماسورة أطول .





شكل رقم (١٠) الطريقة الصحيحة لفتح فتحة البزل المسدودة .

وتتم عملية الفتح على النحو التالي :

- ١ - يتم تسخين نهاية الماسورة الصلب لدرجة الاحمرار عن طريق إدخالها في إحدى الودنات داخل فرشة الكوك المتوهجة ، أو عن طريق استعمال لهب الأكسي أستيلين .
- ٢ - أخرج الماسورة بعد تسخينها من الودنة وضعها بالقرب من الفتحة المسدودة ، ويتم فتح أنبوبة الأكسجين بضغط ضعيف ( ٣٥ كيلو باوند ) .
- ٣ - يتم توجيه أنبوبة الاشتعال إلى الفتحة المسدودة وإدخالها بحذر عند مكان المعدن المتجمد تماماً .
- ٤ - يتم استبعاد أنبوبة الاشتعال عندما يبدأ المعدن في النزول من فتحة البزل بعد فتحها .

**ملحوظة :** لتجنب حدوث أى تلف أو اتساع زائد لفتحة البزل ، فإنه يمكن التحكم فى شدة التأثير عن طريق استخدام ماسورة صلب ذات قطر صغير وسمك كبير مع خفض ضغط الأكسجين وعند إجراء العملية السابقة يجب اتخاذ احتياطات الأمن التالية :

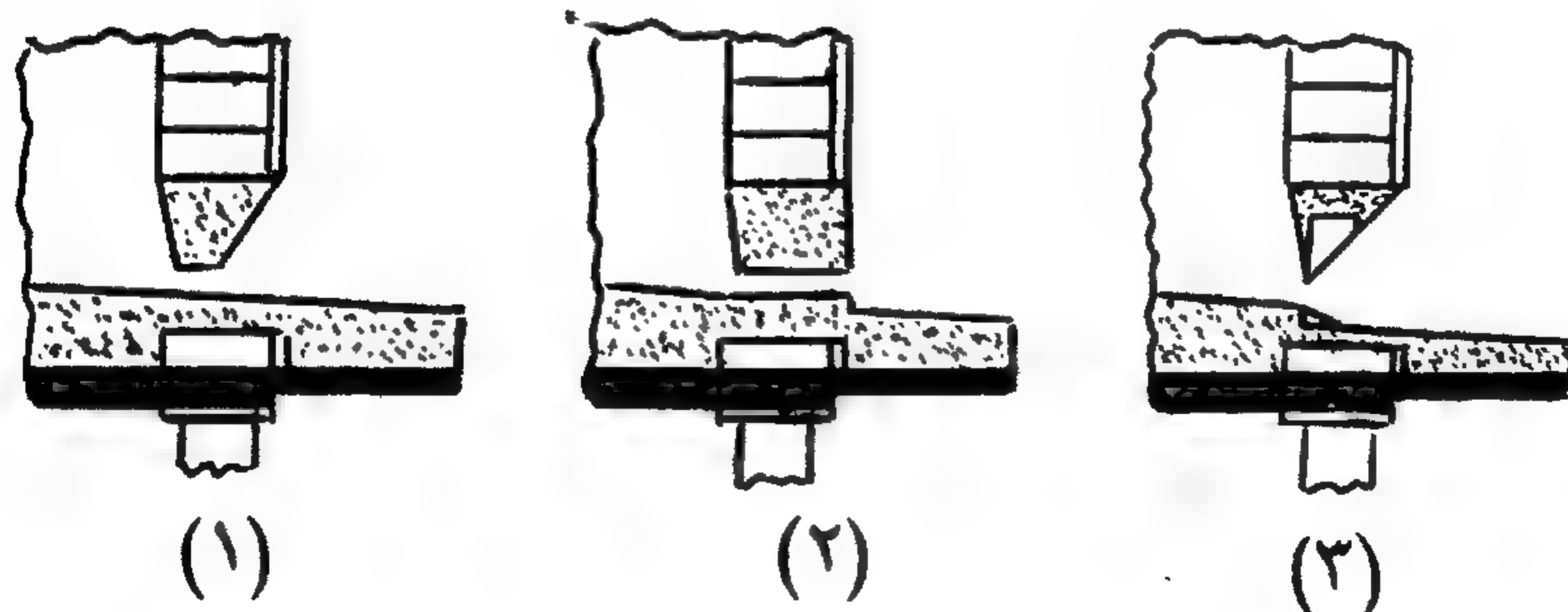
١- لاتجعل الاتصال بين الماسورة الصلب وبين الخرطوم المرن واسطوانة الأكسجين اتصالاً مباشراً ، حيث إن الخرطوم المطاط يمكنه الاحتراق وقد يحدث اشتعال عكسى فى اتجاه أنبوبة الأكسجين ، إذا استعملت الأنبوبة الصلب بطريقة فجائية واستمر الاشتعال . وعادة ما يتم توصيل الأنبوبة مع الخرطوم المطاط ، باستخدام تجهيزة معدنية مخصصة .

٢- لا يتم فتح أسطوانة الأكسجين إلا بعد تسخين الماسورة جيداً ، وإلا فإن الأكسجين قد يساعد على اشتعال المواد القابلة للاحتراق كالملابس وغيرها .

٣- يتم استخدام عاملين فقط أحدهما للتحكم فى أسطوانة الأكسجين والآخر للتعامل المباشر مع الفتحة .

٤- تأكد من أن ماسورة الأكسجين ممسوكة جيداً عند بداية فتح الأسطوانة .

٥- تأكد أن العمال يرتدون نظارات واقية وقفازات من الاسيستوس .



شكل رقم (١١) أنواع فتحات البزل .

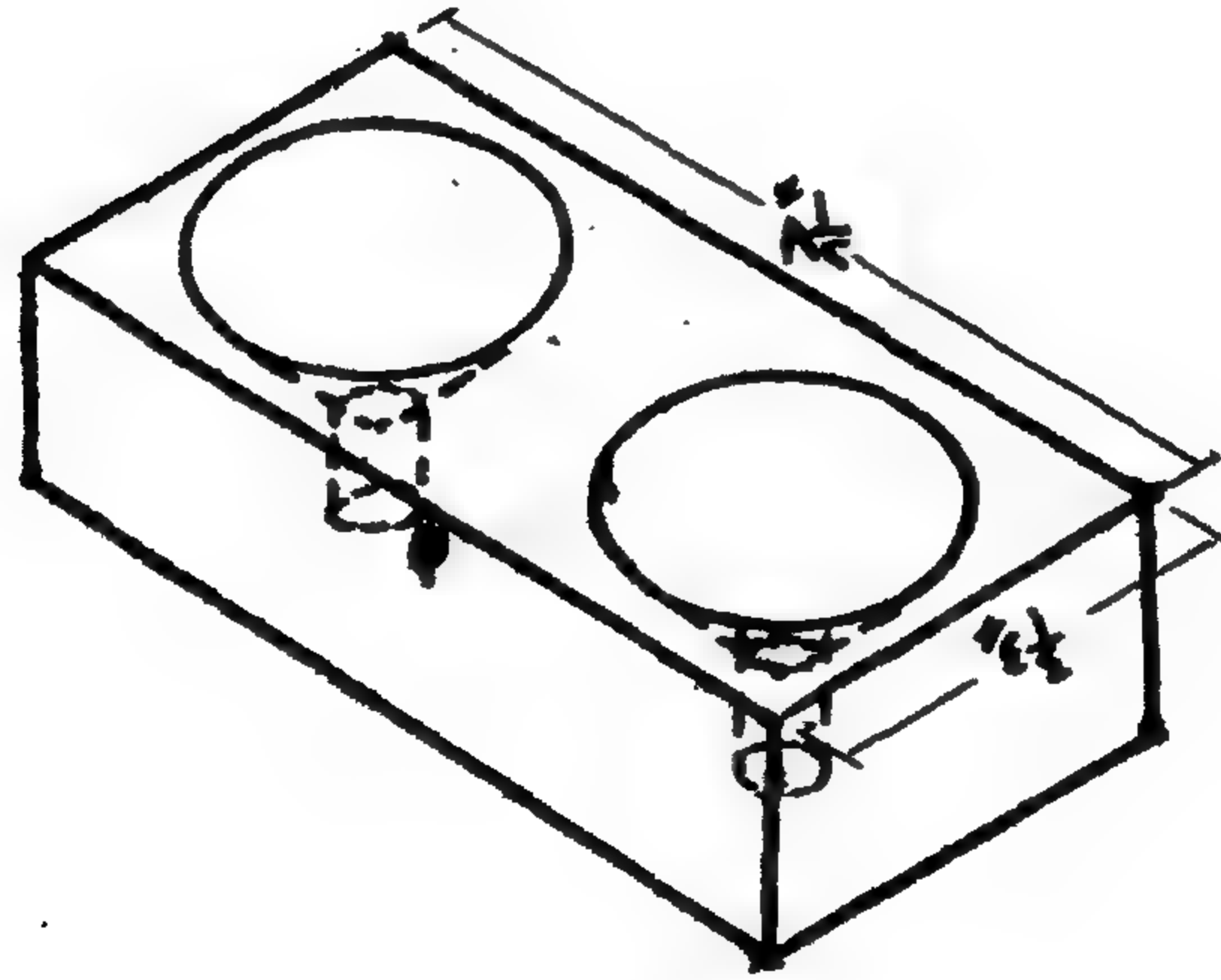


## بناء فتحة البزل وأنواع الطينات المستعملة فى غلقها

### Taphole Construction and Botting Clays

إن العديد من المسابك التى بها أفران ذات التصريف المتقطع تعطى اهتماماً غير كافٍ لتصميم فتحة البزل والطينة الحرارية المستخدمة فى سدها ؛ والشكل رقم (١١) يوضح عدة تصميمات لفتحة البزل . وأثبتت الخبرة الميدانية أن النوع الأول رقم « ١ » هو أفضل نوع حيث إنه يعطى نتائج جيدة ومناسبة . وعادة ما يتم عمل الفتحة من الجانستر Ganister أو الطين الحرارى Fire Clay وذلك لرفع متانة الفتحة ، ومع هذا النوع من التصميمات فإنه من الممكن إزالة الخابور الجاف Dried Plug من فتحة البزل عند الحاجة إلى فتحها بهدف تصريف المعدن . كما أن الخابور سوف ينزاح على هيئة قطعة واحدة فى طريق تيار المعدن .

أما النوع الثانى وهو من نوع الفتحة الأمامية المستقيمة ، فيتطلب خابوراً ذا لدونة عالية ودرجة كبيرة من الالتصاق ، حيث يعتمد هذا الخابور على الالتصاق فى مقدمة الفتحة ؛ وعند الحاجة إلى فتح الخابور فإنه من الضرورى استخدام سيخ مدبب Pointed Bar لإزالة بقايا الخابور المتفتت ، وعندما ينساب المعدن تنصهر بقايا الخابور بسبب حرارة المعدن ، وتنتقل مع تيار المعدن .



شكل رقم (١٢) الطوية الحرارية ذات الفتحتين المناسبة للاستعمال العام للبزل .

أما النوع الثالث فهي فتحة ذات مقدمة مخروطية عميقة ، وعادة ماتحتوى على جزء غير متوازٍ داخل الفتحة ، والتي أحيانا ما يتم تشكيلها من الطوب الحرارى . ومشكلة انسداد الفتحة نادراً ما يحدث مع هذا النوع من الفتحات ؛ لكن هذا النوع يتطلب خابوراً طويلاً ذا لدونة عالية Very Plastic مع متانة منخفضة عند الجفاف Low Dry Strength .

والطريقة البسيطة لعمل فتحة البزل هي استخدام الطوب الحرارى على الصورة الموضحة فى الشكل رقم (١١-١) . أما الشكل رقم (١٢) فإنه يبين نوعاً من الطوب الحرارى الذى يحتوى على فتحتين ، ويعتبر هذا هو أفضل تصميم لعموم الاستعمال ، وله ميزة أنه لا يحتاج إلى تجفيف وهو أيضاً يسخن بسرعة فى بداية العمل . كما أن الفتحة العليا تكون جاهزة للعمل فى حالة الحاجة إليها .

### عيوب السباكة الناتجة بسبب خلطة الطينة الحرارية والخوابير Casting Defects from Botting and Clay Mixtures

إن بعض السباكين لا يضعون فى اعتبارهم أن شوائب الخبث ، والتي من الممكن أن تتواجد فى المسبوكات ، قد تنتج بفعل استعمال خوابير Botts مصنوعة من طينة ذات خواص حرارية منخفضة يتم الحصول عليها بسعر أرخص من مصادر محلية ، وشوائب الخبث هذه تنتج من تراكم الخبث المنصهر فى خزان أو بوتقة المعدن ، وخصوصاً أن الخوابير الطينية يقوم المعدن السائل بإزاحتها بالكامل ، وكنسها فى كل مرة يتم فيها فتح الفرن ، لتستقر بعد ذلك فى البوتقة أو معالق الصب .

إن عملية اختيار الخابور والخلطة Bott Mixture تتطلب نوعاً من العناية ، بهدف التخلص من عيوب السباكة ، وبهدف الحصول على خلطة صالحة للعمل بها . وعلى هذا فإن هذه الخلطة يجب أن تتوافر فيها المتطلبات الآتية :

- ١- يجب أن تكون بقايا الخابور إزالتها سهلة من على سطح المعدن .
- ٢- يجب أن تكون الخلطة مناسبة ، بحيث لا تنصهر على سطح المعدن أو تعطى خبثاً سائلاً .
- ٣- يجب ألا تتفاعل مع المعدن أو مع البطانة الحرارية للبوتقة ، ويجب ألا ينسحب مع تيار المعدن حتى لا ينتج عنه عيوب سباكة .



- ٤- يجب أن تكون سهلة التشكيل يدوياً لتعطى أحسن شكل ، وبحيث تؤدي عند استعمالها إلى إيقاف Stopping لتيار المعدن بطريقة مأمونة وسهلة .
- ٥- يجب أن يلتصق بشدة بالزانة Bott-stick أثناء العمل ، على أن يترك الزانة نظيفة بمجرد لف الزانة ببساطة Slight Twist .
- ٦- يجب ألا تكون رطبة أو مبللة حتى لا تسبب طرطشة أو تطاير للمعدن Metal Splut-tering .
- ٧- يجب أن يظل الخابور ثابتاً في مكانه في فتحة البزل وحتى ميعاد الفتحة التالية .
- ٨- يجب أن يتوافر في الخابور خاصية سهولة الإزالة عند الحاجة إلى إزالته .
- ٩- يجب أن يترك فتحة البزل نظيفة ولا يكون خبث أو يتفتت .
- ١٠- يجب ألا تنكمش بطريقة غير مناسبة أثناء الجفاف وأن تكون مُنفذة حتى تسمح للبخر بالهروب أثناء الجفاف .

وحتى تتوافر هذه المتطلبات والشروط السابقة ، فإن الخلطة يجب أن تتكون من خامات :

- ١- ذات درجة إنصهار مرتفعة High Fusion Temperature .
  - ٢- ذات متانة معتدلة عند الجفاف Medium Dry Strength .
  - ٣- ذات درجة انكماش منخفضة أثناء الجفاف Low Drying Contraction .
- ومن المؤكد أن إضافة الرمل الأحمر أو الفحم الحجري الناعم المحتوى على نسبة عالية من الشوائب Ash سيؤدي بالتالي إلى خفض درجة انصهار الخلطة . ومهما كان تأثير هذه العوامل لا يؤدي إلى خفض درجة الانصهار إلى أقل من ١٤٠٠°م ، فيجب ألا ينشأ عيوب في المسبوكات يكون مرجعها هو طينة الخوابير .

ويوجد نوعان من الخلطات ينصح بهما في هذا المجال ، حيث إنه وجد بالتجربة أنهما كافيان ومناسبان لظروف العمل ، وهما :

#### ١- النوع الأول للخوابير القصيرة وظروف الفتح المتكررة :

طينة حرارية ( تحتوي على ٣٠ - ٥٠٪ طينة ) بنسبة ٧٠ - ٨٠٪ من الخلطة .

تراب فحم ناعم ( تحتوى على أقل من ١١٪ شوائب ) بنسبة ١٠ - ٢٠٪ من الخلطة .

أو نشارة خشب ( نشارة ناعمة أو متوسطة ) بنسبة ٢ - ١٠٪ من الخلطة .

٢- النوع الثانى لفترات التجميع الطويلة وفتحات البزل الطويلة :

طينة حرارية ( تحتوى على ٣٠ - ٥٠٪ طينة ) بنسبة ٥٠٪ من الخلطة .

تراب فحم ناعم ( تحتوى على أقل من ١١٪ شوائب ) بنسبة ١٠ - ٢٠٪ من الخلطة .

أو نشارة خشب ( نشارة خشنة أو متوسطة ) بنسبة ٢ - ١٠٪ من الخلطة .

رمل أسود ( رمل دلاليك محروق ) بنسبة ٢٠ - ٣٨٪ من الخلطة .

### تسرب الهواء Air Leaks

إن أهمية إمداد أفران الدست بالكميات الصحيحة من الهواء سوف يتم تناولها فى مكان آخر من هذا الكتاب . إن معظم المشاكل التى واجهت بكيرا يرجع سببها إلى عدم كفاية كمية الهواء المدفوعة إلى الفرن . وفى معظم الأحيان لا يكون السبب راجعاً إلى عدم اختيار الحجم المناسب لمروحة الهواء . وقد يكون السبب هو انسداد مدخل المروحة بالقمامة، ولكن السبب السائد هو تسرب الهواء من أغطية الودنات أو من قميص الهواء أو جسم المروحة نفسها . وهناك شك بنسبة بسيطة فى أن كفاءة التشغيل فى معظم أفران الدست من الممكن تحسينها ، إذا تم منع تسريب الهواء من تلك الأماكن .





## الباب الثالث

### العوامل المؤثرة على أداء أفران الدست

### وطرق التحكم فيها وضبطها

### Factors Affecting Cupola Performance and Their Control

إن الهدف من وجود أفران الدست هو إمداد المسبك بالمعدن المنصهر بالمعدل المطلوب ودرجة الحرارة المناسبة ، وذلك لصب مسبوكات سليمة . كما يجب أن يكون التركيب الكيميائي للمعدن هو التركيب المطلوب . وكل هذه المواصفات يجب أن تكون موجودة جنباً إلى جنب مع عنصر اقتصادي التكاليف وذلك لتحقيق ربح معقول . وسوف نناقش بشئ من التفصيل هذه العناصر والتي تؤثر على أداء الفرن :

### معدل الصهر Melting Rate

يعتمد معدل الصهر على النسبة بين وزن الكوك إلى وزن الخام في الشحنة الكاملة . كما يعتمد أيضاً على معدل احتراق هذا الكوك . ومعدل احتراق هذا الكوك يعتمد على معدل تصريف أو تدفق الهواء Blast Rate . والعلاقة بين كل من معدل تدفق الهواء ونسبة الكوك في الشحنة وبين معدل الصهر توضحها المعادلات التالية :

بفرض أن :

$$Q = \text{معدل تدفق الهواء ( متر مكعب / دقيقة ) عند } T = 0^\circ\text{C} , P = 101.3 \text{ Kpa}$$

$$M = \text{كمية الكربون المحترقة ( كيلو جرام / دقيقة )}$$

$$L = \text{كمية الهواء المستهلكة ( متر مكعب لكل كيلو جرام من الكربون المحترق )}$$

$$C = \text{كمية الكربون المحترقة ( كيلو جرام لكل ١٠٠ كيلو جرام من المعدن المنصهر )}$$

$$S = \text{معدل الصهر ( طن معدن / ساعة )}$$

$$\text{وحيث إن } M \times L = Q$$



$$\frac{S \times C}{\cancel{6}} = \frac{C}{\cancel{100}} \times \frac{S \times 1000}{\cancel{6}} = M$$

وحدات فرنسية

$$\boxed{\frac{L \times S \times C}{\cancel{6}} = Q \text{ ..... متر}^2 \text{ / دقيقة}} \quad \therefore$$

وباستخدام الوحدات البريطانية :

$Q =$  معدل تدفق الهواء (قدم مكعب/دقيقة) عند  $T = 60^\circ f$  ,  $P = 14.716 \text{ F/in}^2$

$M =$  كمية الكربون المحترق ( رطل / دقيقة )

$L =$  كمية الهواء المستهلكة لكل باوند ( رطل ) من الفحم المحترق .

$C =$  كمية الكربون المحترق ( رطل لكل ١٠٠ رطل من المعدن المنصهر ) .

$S =$  معدل الصهر ( طن معدن / ساعة )

وحيث أن :  $M =$  كمية الكربون المحترق ( كيلو جرام / دقيقة )

$$\frac{C}{\cancel{100}} \times \frac{2240 \times S}{\cancel{6}} = M \therefore$$

$$L \times \frac{C}{\cancel{100}} \times S \times \frac{2240}{\cancel{6}} = Q \therefore$$

وحدات إنجليزية

$$\boxed{Q = L \times C \times S \times 0.373 \text{ ..... قدم}^2 \text{ / دقيقة}} \quad \therefore$$

وتعتمد كمية الهواء المستهلكة لكل كيلو جرام كربون على درجة اكتمال الاحتراق ،  
وأيضاً على العلاقة النسبية بين كمية أول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون  
(CO<sub>2</sub>) الموجودة في غازات نواتج الفرن .

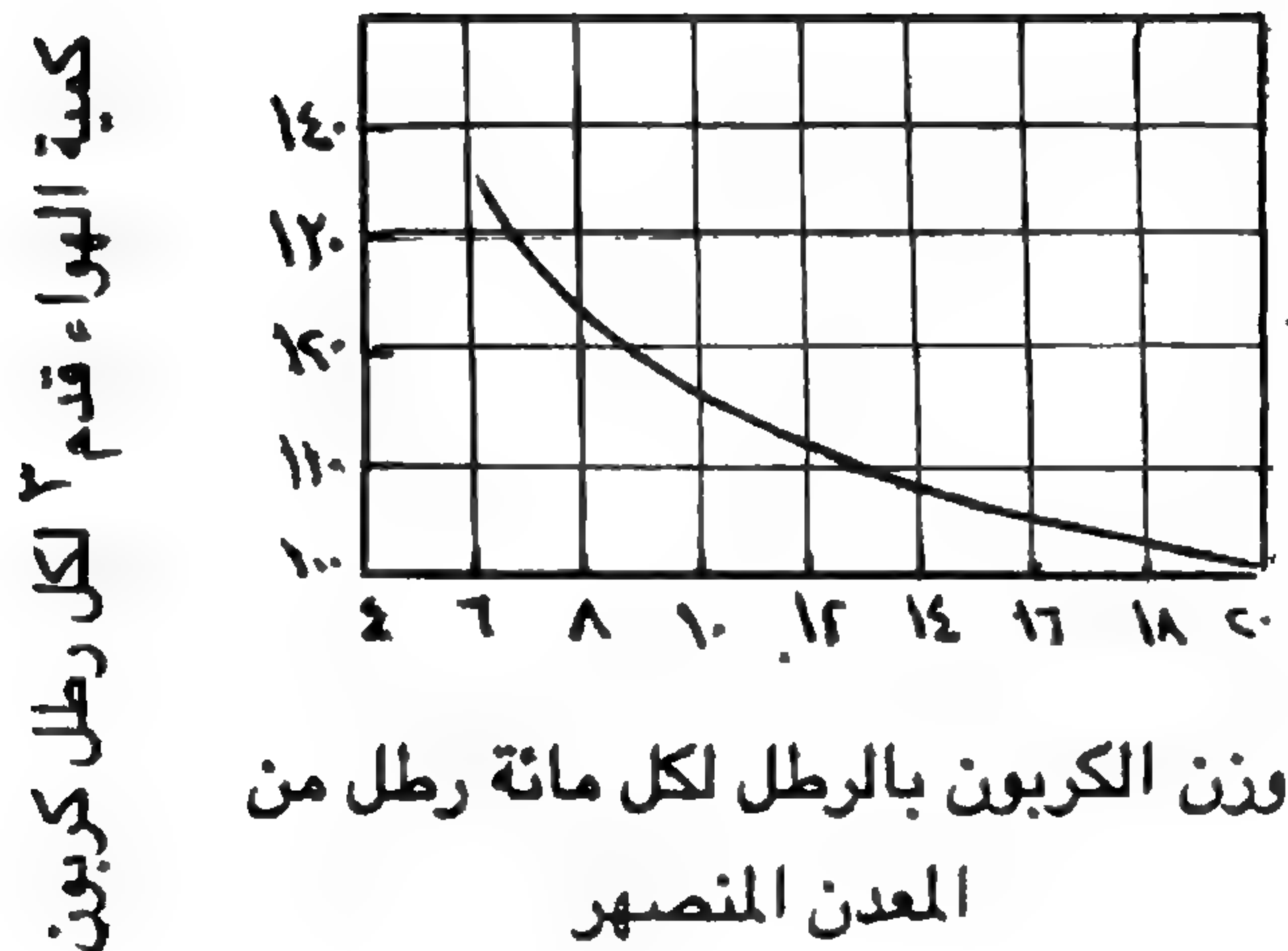
فإذا احترق كيلو جرام واحد من الكربون إلى CO<sub>2</sub> بالكامل فإنه يحتاج إلى ٨.٩٣ متر<sup>٢</sup>

هواء .

وإذا احترق كيلو جرام واحد من الكربون إلى CO بالكامل فإنه يحتاج إلى ٧.٤٧ متر<sup>٣</sup>

هواء .

وهذه الكمية الأخيرة تمثل نصف الكمية الأولى . وعلى أية حال فإن الكربون الموجود بالكوك في أفران الدست لا يحترق إلى CO<sub>2</sub> فقط أو إلى CO فقط وإنما يتحول إلى خليط من الاثنين . إن النسبة بين CO : CO<sub>2</sub> في الغازات وبالتالي كمية الهواء اللازمة لاحتراق الكربون يعتمد على عدة عوامل . والعامل الرئيسي منها هو نسبة الكربون المحترق إلى وزن المعدن المنصهر . والقيم الفعلية لكمية الهواء المطلوبة لاحتراق كيلو جرام واحد من الكربون في مقابل كمية الكربون المحترق لكل ١٠٠ كيلو جرام من المعدن المنصهر معطاة في الشكل رقم (١٣) .



شكل رقم (١٣) العلاقة بين كمية الهواء وكمية الكربون ووزن المعدن المنصهر .

### استخدام معادلة معدل الصهر Use of Melting Rate Formula

احسب معدل الهواء المطلوب لصهر معدن بمعدل ١٠ طن / ساعة .



المعطيات : شحنة الكوك = ١٥٪ من شحنة الفرن

نسبة الكربون فى الكوك = ٩١٪

نسبة امتصاص المعدن للكربون = ٠.٤٪

الحل : الخطوة الأولى هى إيجاد قيمة (C)

حيث (C) = كمية الكربون المحترقة بالكيلو جرام لكل ١٠٠ كيلو جرام حديد منصهر

$$٩١ \\ ١٠٠ \times ١٥ = ٠.٤ - \text{كيلو جرام } ١٣.٢٥$$

الخطوة الثانية إيجاد قيمة (L)

إذا كانت قيمة (C) = ١٣.٢٥ كجم فمن شكل (١٣) نستنتج أن

قيمة (L) = ٣.١ متر مكعب

$$= ١٠٩.٠ \text{ قدم مكعب .}$$

الخطوة الثالثة استعمال معادلة معدل الصهر للحصول على قيمة معدل الهواء

$$١٥٠ \text{ متر}^٣ / \text{دقيقة} = \frac{٦.٨ \times ١٠ \times ١٣.٢٥}{٦} = \frac{L \times S \times C}{٦} = Q$$

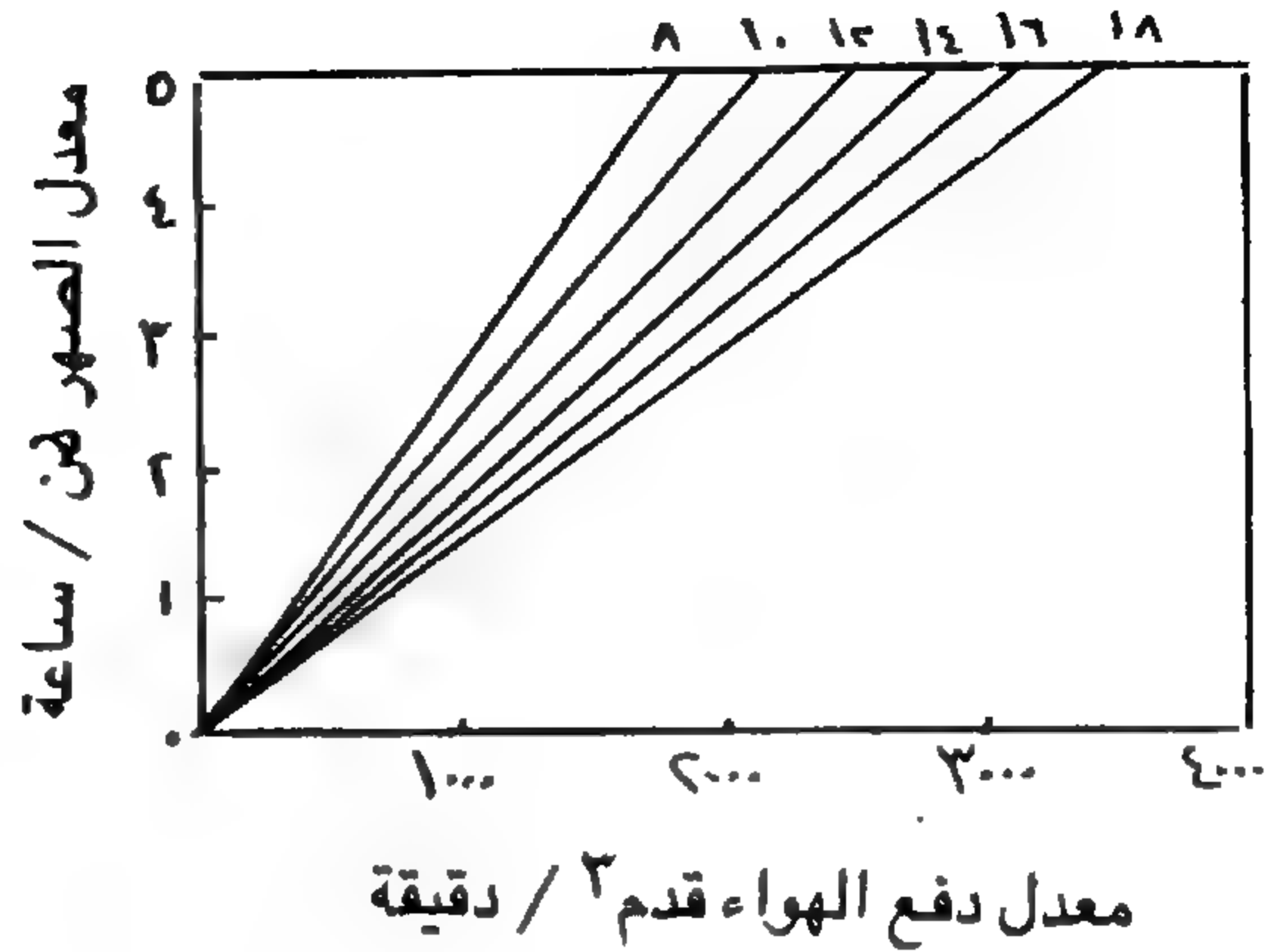
$$٥٣٩٠ \text{ قدم}^٣ / \text{دقيقة} = ١٠٩ \times ١٣.٢٥ \times ١٠ \times ٠.٣٧٣ = L \times C \times S \times ٠.٣٧٣ = Q$$

والشكلان رقما (١٤) ، (١٥) يوضحان العلاقة بين معدل تدفق الهواء وكمية الكربون

المستخدمة لكل ١٠٠ كيلو جرام من الحديد المنصهر عند معدلات صهر مختلفة أصغر من

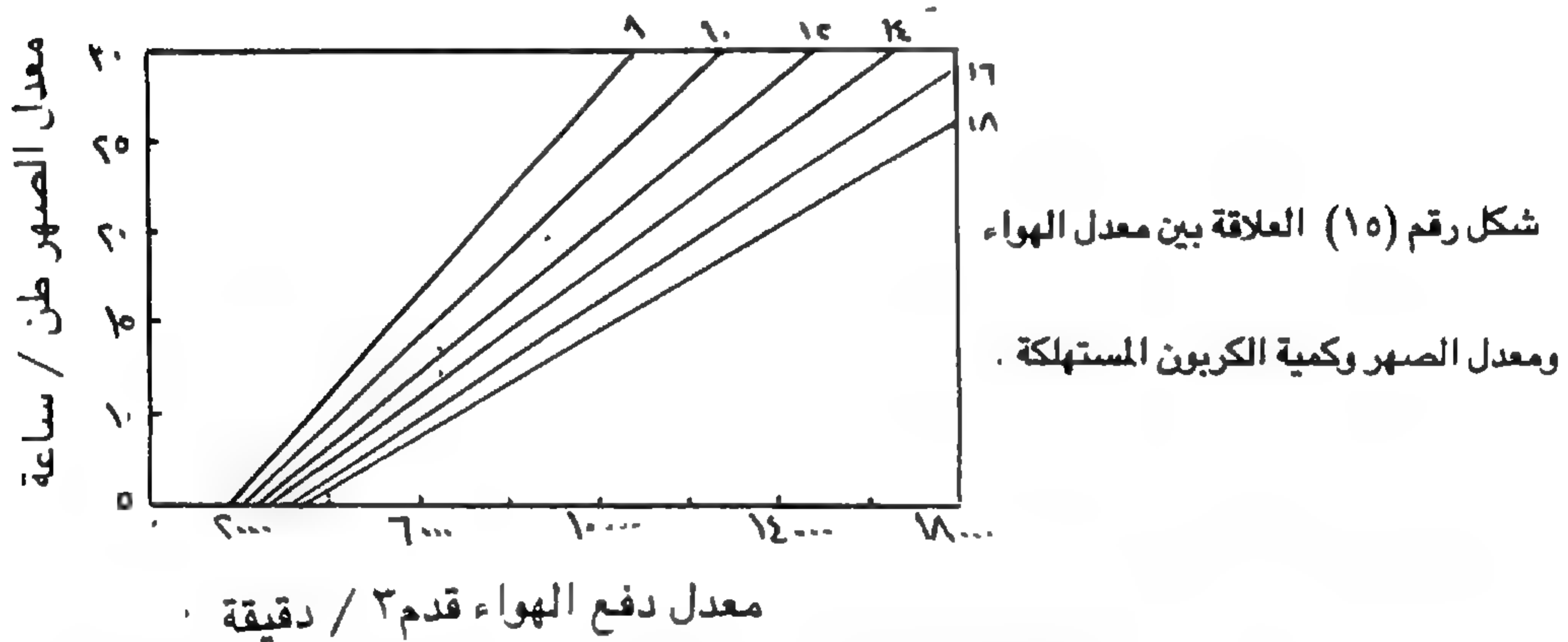
وأكبر من ٥ طن/ساعة على التوالى .

كمية الكربون المحترقة لكل ١٠٠ رطل معدن منصهر



شكل رقم (١٤) العلاقة بين معدل الهواء ومعدل الصهر وكمية الكربون المستهلكة .

كمية الكربون المحترقة لكل ١٠٠ رطل معدن منصهر



شكل رقم (١٥) العلاقة بين معدل الهواء ومعدل الصهر وكمية الكربون المستهلكة .

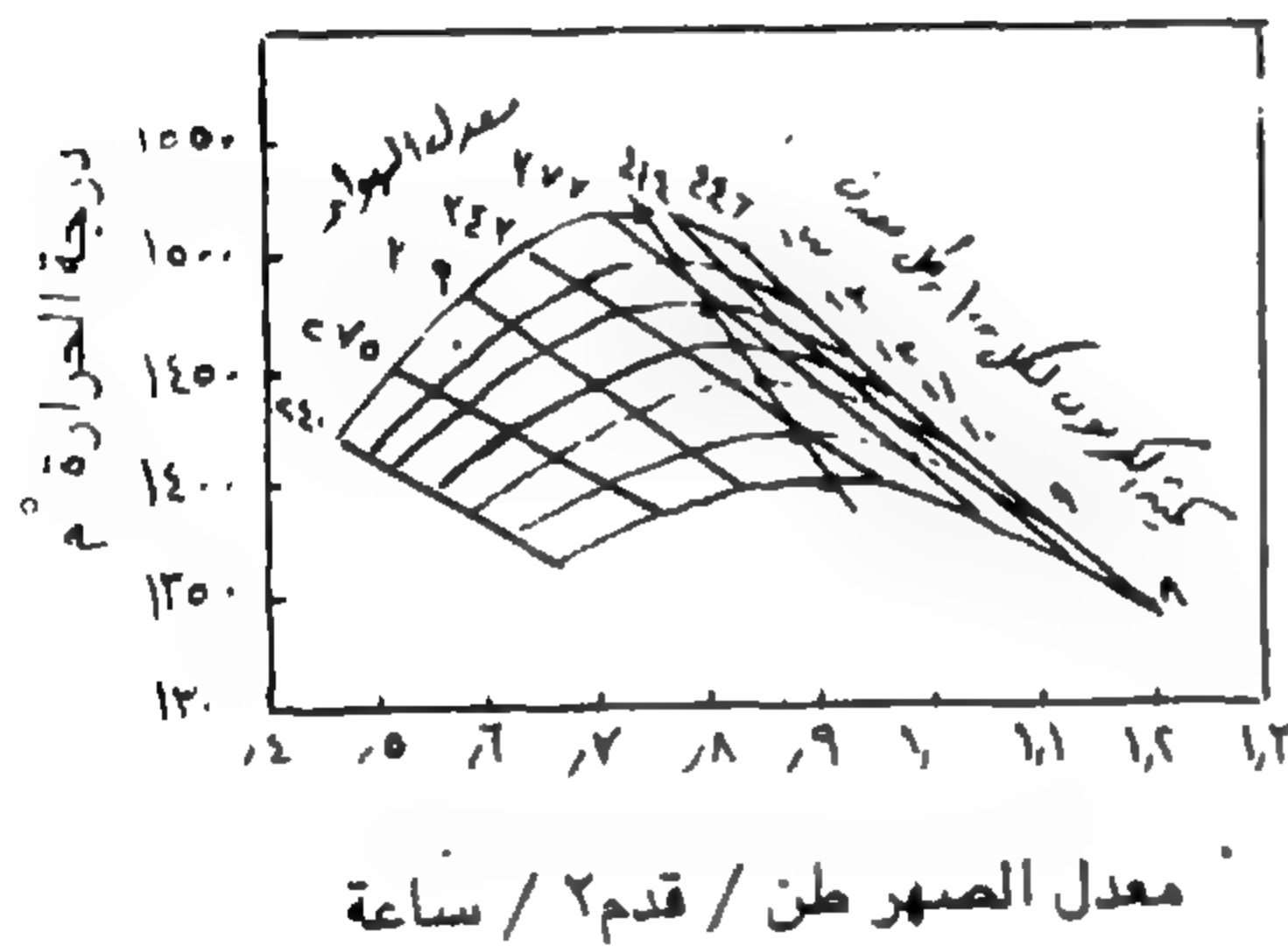
### درجة حرارة المعدن Metal Temperature

مما سبق يتضح كيف أن معدل الصهر يعتمد على معدل الهواء ونسبة الكوك في الشحنة ( أو على الأصح كمية الكربون المحترقة لكل ١٠٠ كجم معدن منصهر ) وعلى أية حال فإنه عند تشغيل الفرن فليس المطلوب إحداث معدل معين لإنصهار المعدن فقط ، وإنما إلى جانب ذلك مطلوب درجة حرارة مناسبة لإنتاج مسبوكات سليمة خالية من العيوب . وهناك علاقة وثيقة تربط هذه العوامل ( معدل الهواء ونسبة الكوك في الشحنة ) مع درجة حرارة المعدن .



وعلى وجه العموم ففى أى فرن دست نجد أن العلاقة بين كل من معدل الهواء وشحنة الكوك ومعدل الصهر من ناحية ، ودرجة حرارة المعدن من ناحية أخرى ، يمكن التعبير عنها بما يسمى بسلوك الفرن Cupola Behaviour أو الرسم البياني الشبكي Net Diagram والرسم الموضح بشكل رقم (١٦) وهو رسم بياني شبكي لفرن دست ذى قطر داخلى ٧٦ سم ذى هواء بارد ومن هذا الرسم يتضح مايلى :

١- عند استعمال كمية كوك : الخام بنسبة ثابتة ( أو على الأصح نسبة الكربون : المعدن ) فإن زيادة معدل الهواء يؤدى إلى زيادة كل من معدل الصهر ودرجة حرارة المعدن حتى يصل إلى قيمة حرجية ، بعدها تقل درجة حرارة المعدن كلما زاد معدل تدفق الهواء .



شكل (١٦) يوضح العلاقة بين  
 ١ - درجة حرارة المعدن °م  
 ٢ - معدل الصهر طن / قدم / ساعة  
 ٣ - معدل الهواء قدم / قدم / دقيقة  
 ٤ - كمية الكربون المحترقة لكل ١٠٠ رطل معدن منصهر .

شكل رقم (١٦)

٢- عند استعمال معدل ثابت للهواء : فإن أى زيادة فى شحنة الكوك تؤدى إلى انخفاض معدل الصهر وزيادة درجة حرارة المعدن .

٣- إذا كان الهدف هو زيادة درجة حرارة المعدن مع ثبوت معدل الصهر فإنه يجب زيادة كلا من الكوك ومعدل الهواء معاً .

ومن الواجب ملاحظة أن كل شحنة كوك لها معدل مثالى لتدفق الهواء Optimum ،

حيث يكون عنده أعلى درجة حرارة للمعدن ممكن الحصول عليها . وهذه القيمة المثالية لمعدل الهواء تختلف تبعاً لنسبة الكوك في الشحنة لكنها تقريباً تتراوح بين ١٠٠-١٢٠ متر مكعب / متر مربع من مساحة مقطع الفرن لكل دقيقة . والمنحنيات عند هذه المنطقة تمثل خطوط مستقيمة .

ولأغراض تصميم الأفران فإننا يمكن أن نعتبر أن معدل الهواء الذي قيمته ١١٥ م<sup>٣</sup>/م<sup>٢</sup> دقيقة هو أدق تقريب للقيمة المثالية لمختلف نسب الكوك في الشحنة ؛ والرسم البياني رقم (١٦) يعطى وبدقة الكميات الصحيحة والمحسوسة والتي أمكن الحصول عليها عملياً من الفرن . ولا يمكن الاعتماد على هذا الرسم لمعرفة درجة حرارة المعدن عند استعمال أفران دست ذات مقاسات أخرى . حيث إن هذا يعتمد على عدة عوامل تصميمية مثل اتساع القطر الداخلى وعمق الخزنة وارتفاع اسطوانة الفرن وغيرها . كما يعتمد على ظروف التشغيل مثل طبيعة الخامات المشحونة وكمية الكوك ونوعيته .

إن كمية الفحم المستعملة للحصول على درجة الحرارة المطلوبة للمعدن يجب أن تتحدد بناءً على الخبرة السابقة . وعلى أية حال فإن التعرف على الرسم البياني الشبكي للفرن Diagram Net يعطى مؤشراً سريعاً ومباشراً للاتجاه الذي يجب ان نسلكه للسيطرة على الفرن ، ولتعديل ظروف التشغيل للحصول على درجة الحرارة المطلوبة أو معدل الصهر المطلوب أو كليهما معاً .

## التركيب الكيميائي للمعدن Metal Composition

إذا كان مطلوباً الحصول على معدل صهر معين ودرجة حرارة معينة للمعدن فإنه من الضروري أيضاً الحصول على تركيب كيميائي معين للمعدن . ويتم حساب وتقدير تركيب المعدن الناتج من الفرن عن طريق اختيار الخلطة المناسبة للخامات المشحونة . إن عملية الاشراف على الخامات وانتقائها من أهم عمليات الصهر . وفي هذه المرحلة يجب التأكيد على أن كمية الكربون الملتقط بواسطة الحديد وأن كمية الفقد في السيليكون والمنجنيز أثناء الصهر كلاهما يعتمد على درجة حرارة المعدن عند فتحة البزل . وعليه فإن السيطرة الدقيقة عليها تؤدي بالتالى إلى الحصول على النوعية المطلوبة للحديد الزهر الناتج .



## ضبط وتوجيه عمل الفرن Cupola Control

أصبح من الواضح أن أداء الفرن يتأثر بكل من معدل الهواء ونسبة الكوك في الشحنة ، والأهم من ذلك ضبط الاشراف على خلطة الشحنة كما سبق ذكره ولضمان الإشراف المناسب على طريقة وأسلوب عمل الفرن فإنه من الضروري عمل مايلي :

١ - السيطرة التامة وضبط معدل الهواء في ودنات الصف الواحد في الأفران ذات الصف الواحد من الودنات . أو في ودنات الصفيين في الافران ذات الصفيين من الودنات .

٢ - السيطرة التامة على عناصر ومكونات الخامات المعدنية في الشحنة .

٣ - السيطرة التامة والاشراف على نسبة الكوك إلى الخامات المعدنية في شحنة الفرن .

## معدل تدفق الهواء Blast Rate

إن العديد من أفران الدست يتم تزويدها بأجهزة قياس Guage حيث يمكنها تحديد قيمة ضغط الهواء وبناءً على هذه القراءة يتم تعديل وضبط معدل تدفق الهواء تبعاً لذلك . وعلى أية حال فإن قيمة ضغط الهواء في قميص الهواء ما هو إلا مؤشر فقط لقيمة الضغط المطلوب لدفع حجم معين من الهواء إلى داخل الفرن . وهو في نفس الوقت لا يعطي أي معلومات تتعلق بمقدار الحجم الحقيقي المدفوع فعلاً إلى داخل الفرن . بمعنى أنه يحدد قراءة الضغط ولا يحدد الحجم . كما أن العلاقة بين ضغط الهواء وبين معدل تدفق الهواء لا تتغير فقط من فرن إلى فرن ، ولكنها من الممكن أن تتغير بدرجة كبيرة في الفرن نفسه أثناء ظروف تشغيله المختلفة .

وعلى سبيل المثال فإنه عندما يكون معدل تدفق الهواء ثابتاً فقد يزيد الضغط إذا تكون بعض الجليخ في نهاية الودنات بطريقة سيئة Slag-Over أو إذا كان الفرن ممتلئاً بالشحنة بدرجة أكبر من المعتاد High Packing Density . وفي واقع الأمر فإن زيادة ضغط الهواء في مثل هذه الحالات يصاحبه نقص في معدل تدفق الهواء إلى الفرن ؛ لكن عامل الفرن Furnaceman عادة ما يقع في الخطأ ويعتقد أن زيادة ضغط الهواء ناتجة من زيادة معدل الهواء . ولهذا يقوم بغلق محبس الهواء Blast Control Valve بهدف الاحتفاظ بضغط الهواء عند القيمة المطلوبة وبذلك ينخفض معدل الهواء تلقائياً وهذا

التصرف يساعد على توجيه الفرن إلى ظروف أسوأ يصعب السيطرة عليها فيما بعد . وفى المقابل فإن الضغط قد يقل إذا كانت الشحنة منخفضة أو قليلة أو بها فراغات كثيرة ( الفرن مَهْوًى ) Scaffold أو إذا كَوُنَت الشحنة كوبرى Bridge أو إذا كانت درجة امتلاء الفرن بالشحنة قليلة ( الفرن هايش Low Packing Density ) . وفى هذه الحالات كلها ينخفض الضغط ويصاحبه زيادة فى معدل تدفق الهواء داخل الفرن . وفى هذه الحالة يكون التصرف التلقائى لعامل الفرن هو أن يفتح محبس الهواء ، وبالتالى يزيد معدل الهواء أكثر من ذى قبل ، وبذلك يضر بعملية تشغيل الفرن بدون وعى أو بدون قصد ، وبذلك يبتعد الفرن عن ظروف التشغيل الصحيحة .

إن معدل تدفق الهواء لا يمكن مراقبته والتحكم فيه بدون استخدام جهاز لقياس معدل الهواء Air Flow Meter ويعتمد هذا أساساً على استخدام فتحة أو أنبوبة مخصوصة Venturi Tube توضع داخل الماسورة الرئيسية لمروحة الهواء Blast Main أو عند مدخل المروحة Inlet Ducting . وتعتمد قيمة معدل الهواء على الفرق فى قراءات الضغوط -Differential Head خلال ماسورة الهواء .

وعادة ما يتم تسجيل القراءات على لوحة رسم بيانى يتم معايرتها مخصوص لقياس معدل الهواء ويمكن بواسطة هذا الجهاز إجراء ضبط دقيق لمحبس الهواء ليحتفظ دائماً بمعدل هواء ثابت ومحدد ، وليعطى معدناً بمعدل الصهر المطلوب ودرجة الحرارة المناسبة . إن استخدام مثل هذه الأجهزة بما تشتملها من أجهزة تحكم لقادرة على ضبط معدل تدفق الهواء بطريقة أوتوماتيكية . وهذه التجهيزات لها شأن عظيم خصوصاً فى الأفران التى تعمل لمدة طويلة Longer Melts والتى تتطلب درجة كبيرة من الإنتاجية وظروف الصهر التى تختلف من يوم إلى يوم . كما أنه يوصى بضرورة استعمالها فى الأفران ذات الصفين من الودنات حيث تساعد على توزيع الهواء بالتساوى بين الصفين .

## وزن مكونات الشحنة Weighing

إن أكثر العوامل أهمية والتى تحكم التركيب الكيميائى للمعدن عند فتحة البزل هو التركيب الكيميائى لكل مكون من مكونات الشحنة بالإضافة إلى نسبة هذا المكون إلى إجمالى الشحنة . وللاحتفاظ بدقة تركيب المعدن عند فتحة الفرن The Spout ( مجرى الصب ) فإنه



من الضروري القيام بوزن كل مكون على حدة وبدقة . كما يجب استخدام ميزان دقيق يخصص لوزن السبائك الحديدية بحيث تتناسب دقته مع الكميات الموزونة منها .

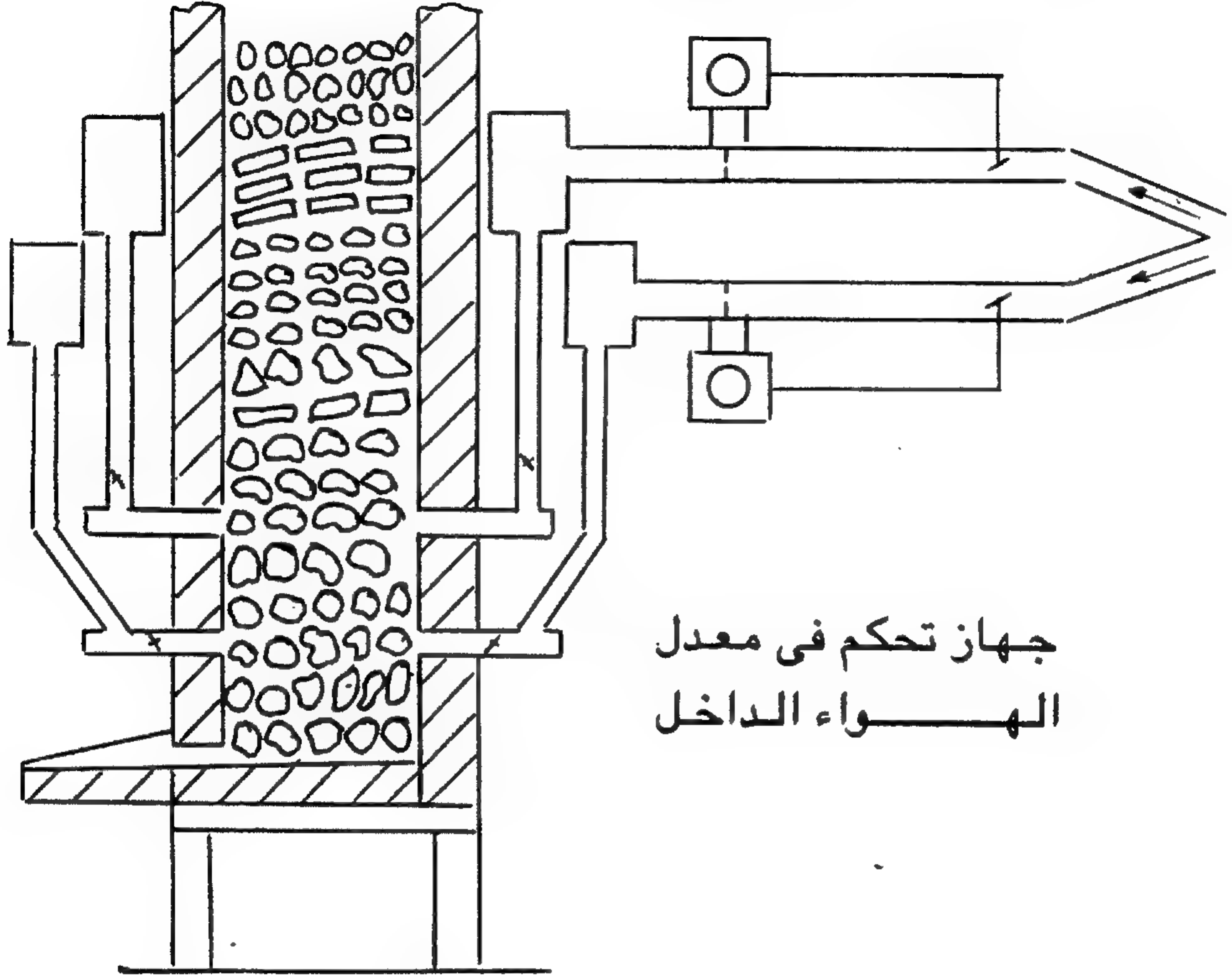
تعتمد كل من درجة حرارة المعدن ومعدل الصهر وتركيب المعدن ( فى حدود معينة ) على نسبة الكوك إلى الخام فى شحنة الفرن . وعلى أية حال فإنه من المهم التأكيد على ضرورة وزن شحنة الكوك لضمان سلامة تشغيل الأفران .

وأخيراً وحتى فى حالة السيطرة التامة على معدل الهواء وخامات الشحنة فإن تركيب المعدن يمكن أن يتغير عند فتحة البزل ، خصوصاً عند استخدام شحنات تحتوى على نسبة عالية من الصلب أو كميات كبيرة من السبائك الحديدية . إن العنصر الأساسى لضبط التركيب الكيميائى للمعدن هو مدى سعة خزنة المعدن فى الفرن نفسه فى النوع ذى الصب المتقطع بهدف خلط المصهور خلطاً متجانساً ، كما أن التركيب الكيميائى للمعدن يعتمد على مدى سعة الخزان الخارجى Receiver فى حالة الأفران ذات الصب المستمر .

## الباب الرابع

### ظهور أفران الدست ذات الهواء الموزع ( ذات صفى الودنات )

#### Development of the Divided Blast Cupolas



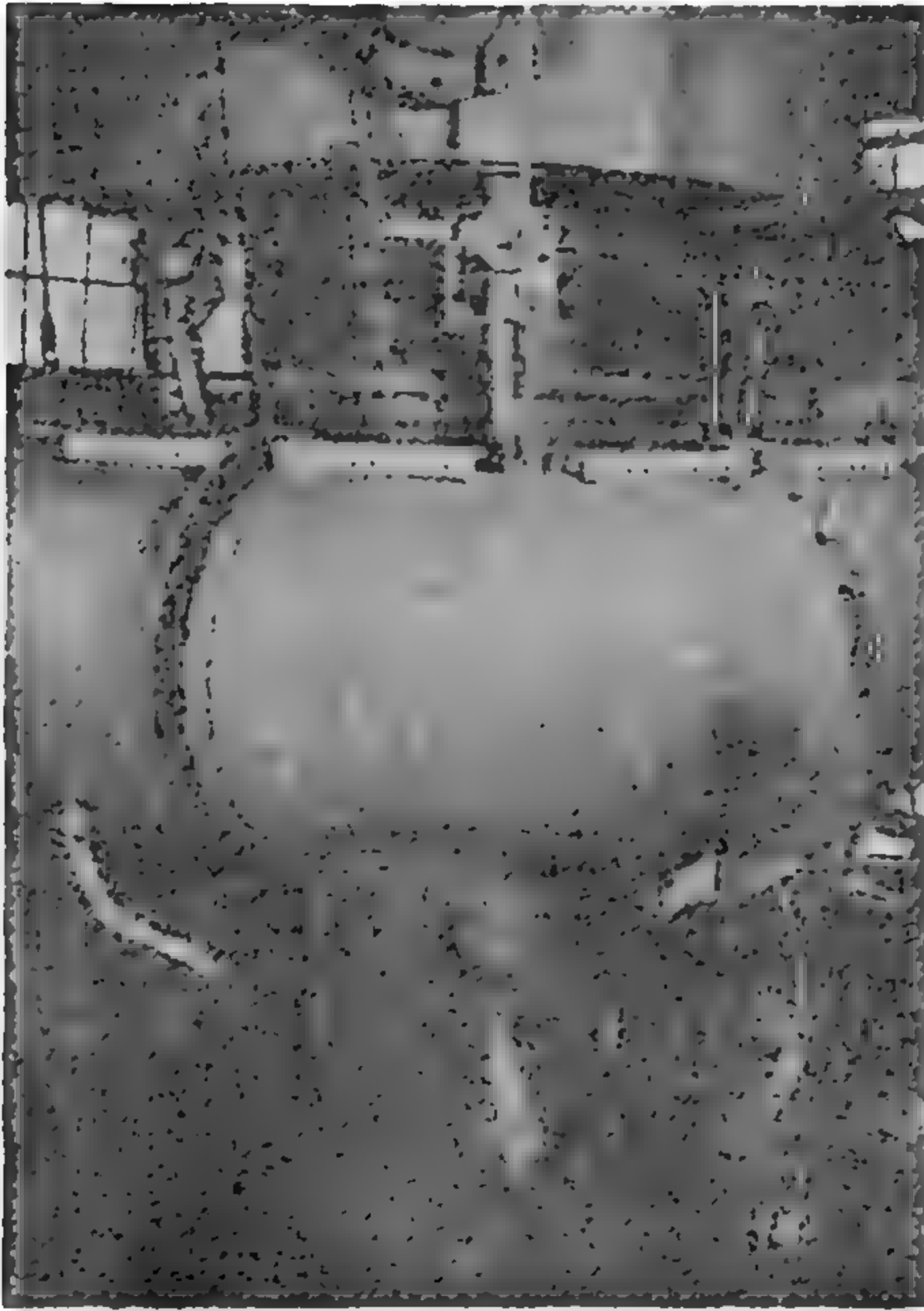
شكل رقم (١٧) ( فرن الدست ذات الهواء المقسم أو الموزع )

#### عملية التطور

بدأ ظهور فرن الدست ذى الصفيين من الودنات بعد إجراء بعض البحوث والدراسات على أفران الدست ، والتي أثبتت أن كفاءة الأفران من الممكن أن تتحسن عند إمدادها بصفيين من الودنات مع توزيع كمية الهواء عليهما بطريقة متساوية . والشكل رقم (١٧) يوضح فرنًا من هذا النوع . وقد تم إجراء هذه الدراسات على فرن قطره الداخلى ٧٦ سم حيث تم تزويده بصفيين من الودنات وكل صف منهما تم إمداده بكمية معينة من الهواء



محسوبة ومقاسة بدقة . ولهذا السبب كان لابد من وجود قميصين للهواء Two Wind-Belts ولكل قميص منهما ماسورة تصريف هواء مخصصة Separate Blast Main ومنفصلة عن الأخرى ، ويتم التحكم فى كمية الهواء الداخلة بها بطريقة أوتوماتيكية .



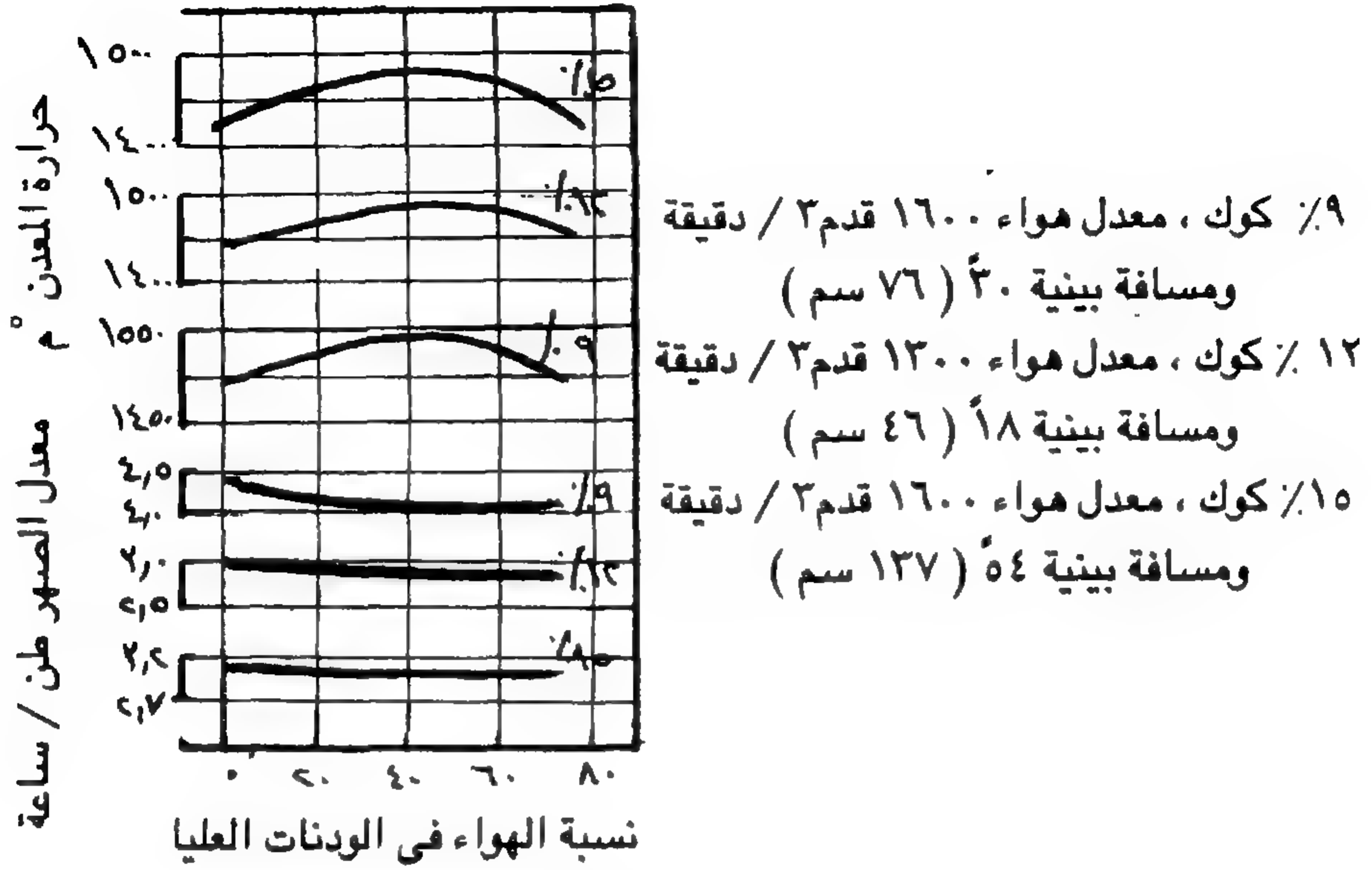
شكل (١٩) منظر لفرن دست يوضح الودنات السفلية والعلوية والمواضع المتتالية للودنات العلوية .



شكل (١٨) منظر لفرن دست يظهر فيه قميص الهواء العلوى و قميص الهواء السفلى ومحابس غلق الهواء الموضوعة على المواسير الخارجة من قميص الهواء العلوى .

والشكل رقم (٢٠) يوضح نتيجة الاختبارات التى أجريت لحساب ولتحديد أنسب توزيع للهواء على الصفين . ولهذا السبب تم تشغيل الفرن بثلاث طرق مختلفة وفى كل طريقة من هذه الطرق تم زيادة نسبة الهواء المدفوع خلال الصف العلوى من الودنات ، وكانت درجة حرارة المعدن تزيد معها تلقائياً حتى تصل نسبة الهواء المدفوع خلال الصف العلوى إلى نسبة ٥٠٪ من إجمالى هواء المروحة . بعد ذلك فإن أى زيادة فى كمية هواء الصف العلوى

تؤدي إلى انخفاض درجة حرارة المعدن مرة أخرى ومن هذا يتضح أن أفضل النتائج يمكن الحصول عليها عندما تكون كمية الهواء متساوية في كلا الصفين العلوي والسفلي .

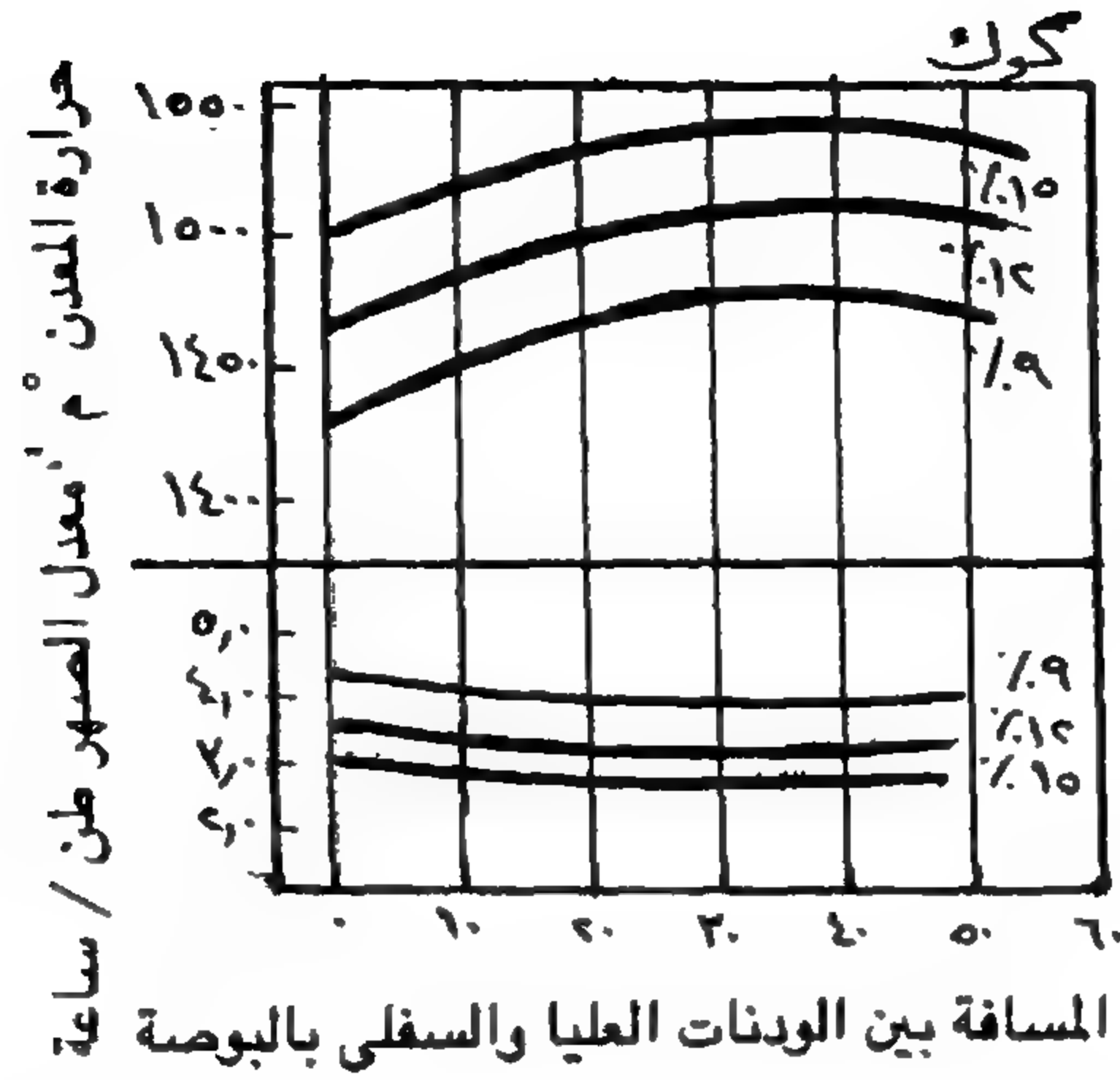


شكل رقم (٢٠) يوضح تأثير توزيع الهواء على صفين من الودنات على كفاءة أداء فرن الدست .

أما شكل (٢١) فيوضح تأثير طول المسافة بين الصف العلوي والصف السفلي على كل من درجة حرارة المعدن ومعدل الصهر عند نسب مختلفة لشحنة الكوك . وقد أجريت تجارب في هذا الشأن تم فيها تثبيت معدل الهواء عند ٤٥ متر ٣ / دقيقة وتم استعمال صفين من الودنات وتم تقسيم الهواء على الصفين بالتساوي وعند كل نسبة من نسب الكوك حيث وجد أن أعلى درجة حرارة للمعدن يمكن الحصول عليها عندما تكون المسافة بين الصفين حوالي متر واحد .

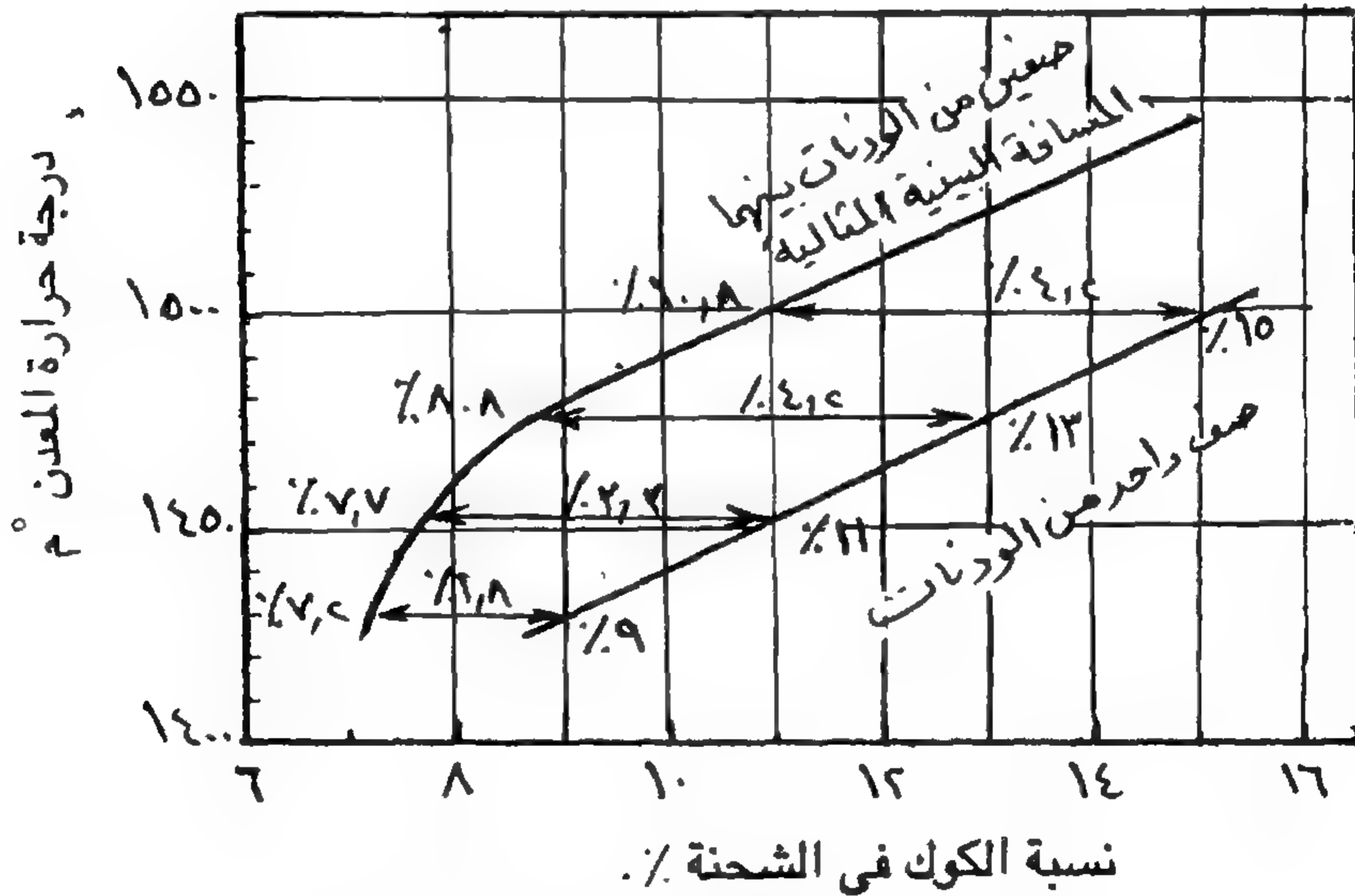
وبالمقارنة مع الأفران ذات الصف الواحد من الودنات نجد أن استعمال صفين من الودنات بينهما مسافة بينية مثالية Optimum Tuyeres Spacing وقدرها متر واحد يؤدي إلى زيادة درجة حرارة المعدن بمقدار ٤٥ - ٥٠ م عند فتحة البزل مع حدوث انخفاض ضئيل جداً في معدل الصهر .





تأثير المسافة بين الودنات العليا والسفلى على كل من  
درجة حرارة المعدن ومعدل الصهر عند معدلات مختلفة  
من شحنات الكوك

شكل رقم (٢١)



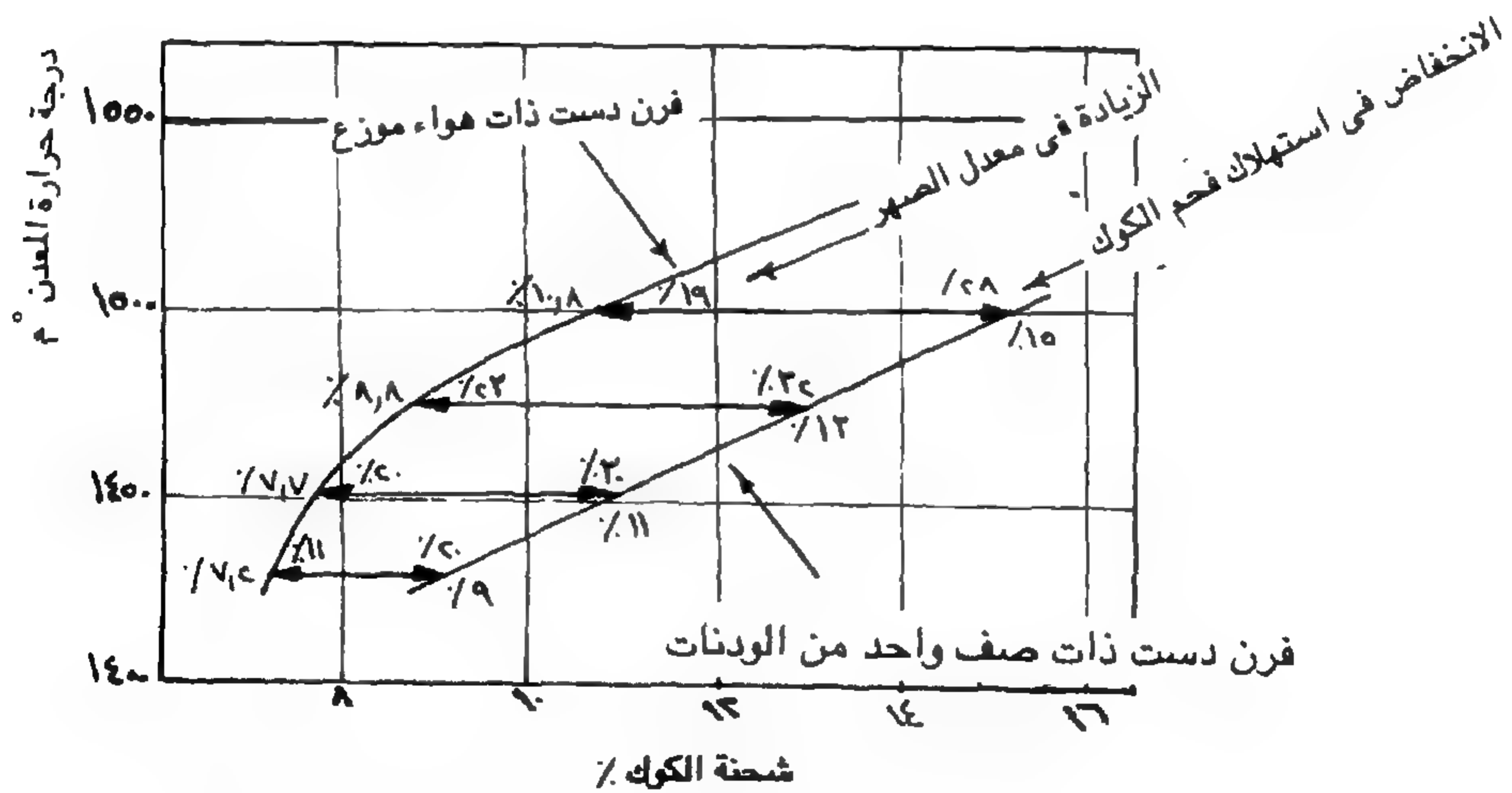
نسبة الوفرة في إستهلاك الكوك عند استعمال  
صفيين من الودنات مع دفع الكميات الصحيحة  
من هواء الإحتراق . شكل رقم (٢٢)

أما الشكل رقم (٢٢) فإنه يوضح العلاقة بين نسبة الكوك وبين درجة حرارة المعدن في حالة استعمال صف واحد وصفين اثنين من الودنات ( بينهما المسافة المثالية وكمية الهواء مقسمة بالتساوي ) وعند تشغيل الفرن باستخدام صف واحد من الودنات فإنه للحصول على معدن ذي درجة حرارة ١٥٠٠°م فإنه يلزم شحن كوك بنسبة ١٥٪ من الشحنة ومعدل الصهر يكون ٣,٠٥ طن / ساعة بينما يكون معدل دفع الهواء ٤٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة .

أما في حالة استعمال صفين من الودنات فإن معدناً درجة حرارته ١٥٠٠°م يمكن الحصول عليه عند شحن كوك بنسبة ٨,١٠٪ فقط بينما يكون معدل الصهر حوالي ٣,٦٣ طن / ساعة عند نفس معدل الهواء وهو ٤٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة .

وبناءً على ذلك فإن استعمال صفين من الودنات يمكنه السماح بخفض استهلاك الكوك بنسبة ٢٨٪ وزيادة معدل الصهر بنسبة ١٩٪ للحصول على معدن درجة حرارته ١٥٠٠°م بالمقارنة بتشغيل فرن ذي صف واحد .

وشكل رقم (٢٣) يوضح الوفرة الحقيقي في استهلاك الفحم مع الزيادة الفعلية لمعدل الصهر وعلى سبيل المثال فإن :



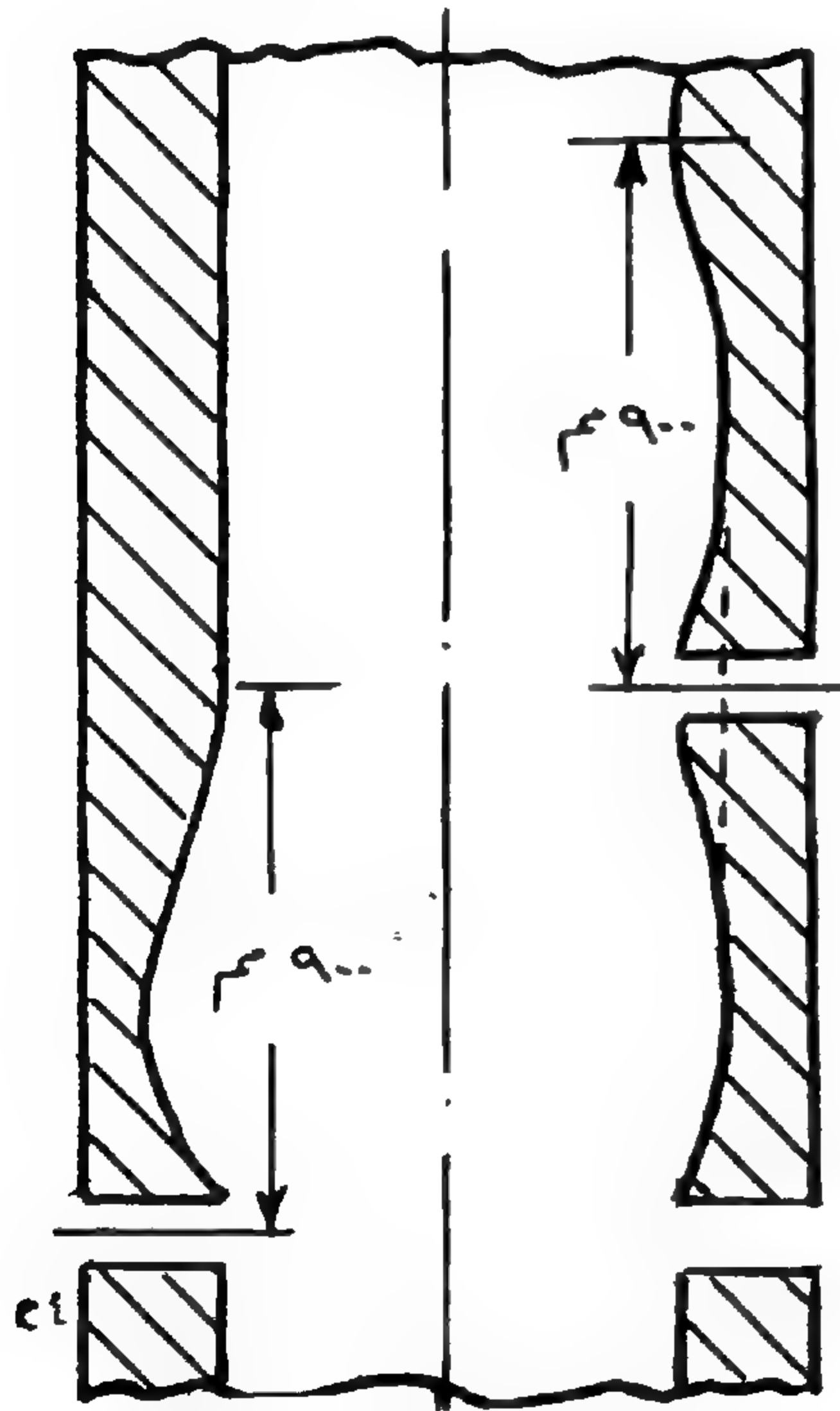
الشكل يوضح كيف أن تشغيل فرن الدست باستخدام صفين من الودنات يؤدي إلى زيادة درجة حرارة المعدن أو يؤدي إلى انخفاض استهلاك الكوك في الشحنة كما يؤدي إلى زيادة معدل الصهر .

شكل (٢٣)

شحنة كوك بنسبة ١٣٪ يمكن خفضها إلى نسبة ٨.٨٪ فى الفرن ذى الصفين .  
 شحنة كوك بنسبة ١١٪ يمكن خفضها إلى نسبة ٧.٧٪ فى الفرن ذى الصفين .  
 شحنة كوك بنسبة ٩٪ يمكن خفضها إلى نسبة ٧.٢٪ فى الفرن ذى الصفين .  
 وذلك للاحتفاظ بنفس درجة الحرارة المعتادة بينما يزيد معدل الصهر بالنسب  
 التالية :

٢٣٪ ، ٢٠٪ ، ١١٪ على الترتيب .

أما فى حالة استعمال صفين من الودنات دون تخفيض نسبة الكوك فإن درجة حرارة  
 المعدن تزيد حوالى ٤٥ - ٥٠°م ، كما أن نسبة التقاط المعدن للكربون تزيد حوالى ٠.٢٪ وقد  
 لا يحدث تغيير للسيليكون المفقود أثناء الصهر أو قد يحدث تغيير طفيف .



صفيين من الودنات | صنف واحد من الودنات

أما فى حالة استعمال الصفين  
 مع تخفيض نسبة الكوك والاحتفاظ  
 بنفس درجة الحرارة دون زيادة ، فإن  
 إلتقاط المعدن للكربون يزيد بنسبة  
 ٠.٦٪ Carbon Pick-up فقط . ويزيد  
 الفقد فى السيليكون نتيجة الصهر بنسبة  
 ٠.١٨٪ .

وفى الأفران ذات الصفين نجد أن  
 البطانة الحرارية المتأكلة تمتد أكثر إلى  
 أعلى ولكنها ذات عمق أقل من حالة  
 الصنف الواحد . وهذا مؤشر يوضح أن  
 استخدام صفين من الودنات يؤدي إلى  
 اتساع منطقة الصهر ( بيت النار ) فى  
 فرشاة الكوك وهذا يوضح السبب  
 الرئيسى لتحسن الأداء ، حيث يؤدي ذلك

شكل (٢٤) نموذج يوضح معدلات التآكل فى بطانة  
 الفرن عند استعمال صنف واحد وصفين من الودنات

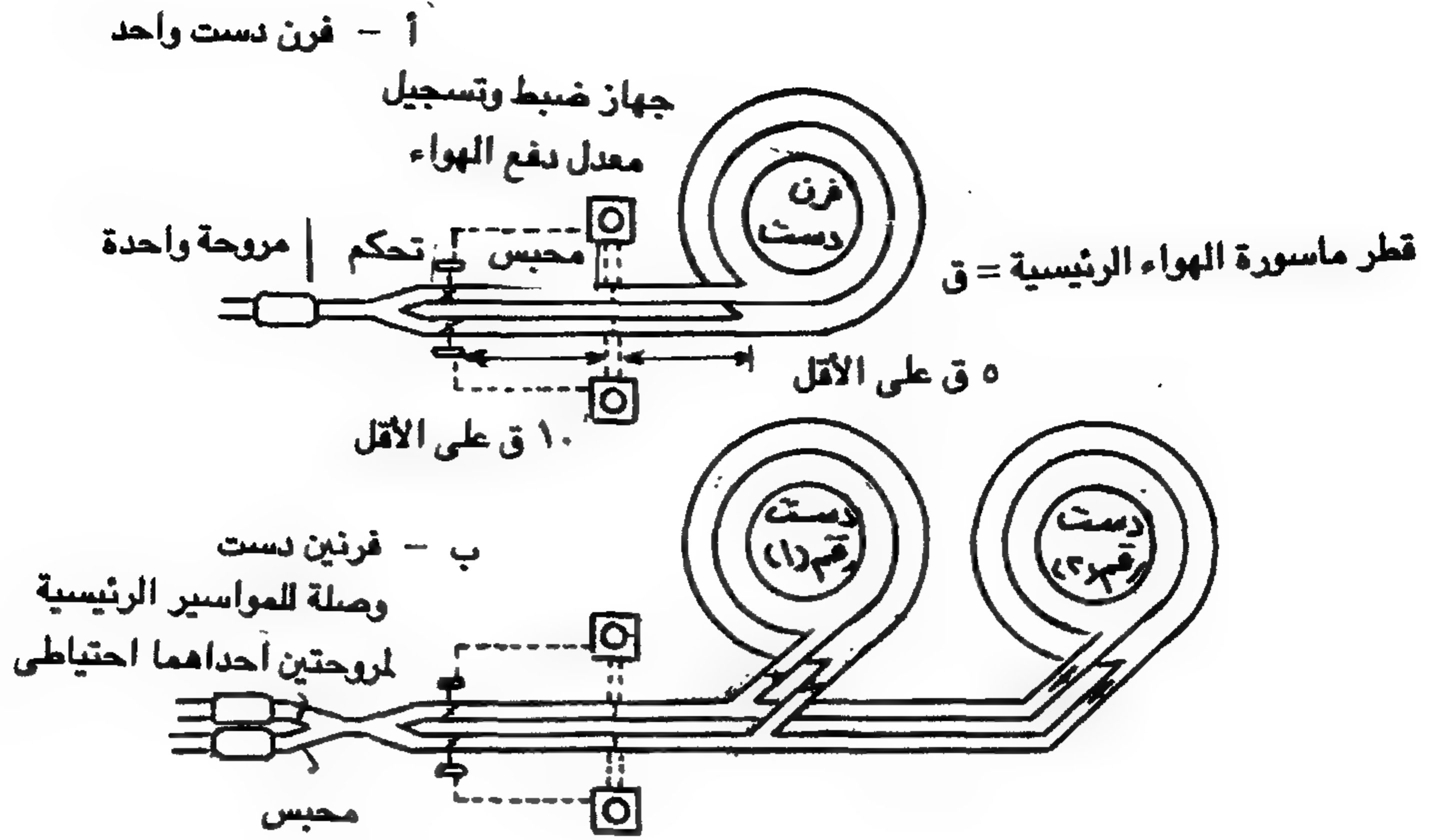


إلى ضرورة احتراق أول أكسيد الكربون بواسطة الهواء الذي يدخل من الودنات العلوية . وفى الحقيقة إنه عند فحص الفرن من خلال النظارات الخاصة بالصف العلوى ، يمكنك التأكد من أن عملية الصهر تجرى فوق مستوى الودنات العلوية . وعلى هذا يجب زيادة ارتفاع فرشاة الكوك . ففى بداية عملية الصهر وقبل شحن الخامات المعدنية يكون من الضرورى إجراء عملية قياس وضبط لمستوى سطح فرشاة الكوك بارتفاع معين فوق مستوى ودنات الصف العلوى . وبما أن الصف العلوى من الودنات يرتفع بمقدار متر واحد عن الصف السفلى ، والذي عادة مايكون هو الصف الأسمى فى الفرن ، لذلك فإن ارتفاع فرشاة الكوك الكلية فوق مستوى فتحة البزل سوف يزيد بمقدار متر واحد عند تحويل الفرن من صف واحد إلى صفين اثنين . انظر شكل (٢٤).

### التطبيق الصناعى Industrial Application

إن المئات من أفران الدست ذات الصفين من الودنات Divided Blast قد تم تركيبها فى أنحاء العالم والعديد منها أيضاً يجرى تركيبه الآن . وهذه الأفران تتراوح أقطارها الداخلية من ٧٣سم حتى ٢٢٩سم وهى تصهر معدن بمعدلات بين ٢.٥ - ٤.٠ طن / ساعة وفى الحقيقة أنه من المعتاد استخدام نفس مروحة الهواء القائمة مع تعديل الماسورة الرئيسية وقميص الهواء كما موضح بالشكل رقم (٢٥) . وعموماً فإن تقارير المسابك التى استعملت هذه النوعية من الأفران تؤكد أنه عند تخفيض الكوك فإن هذا التخفيض يتراوح بين ٢٠ - ٣٥٪ . وفى بعض الأحيان يصاحب ذلك زيادة فى درجة حرارة المعدن . بينما إذا تم تشغيل هذه الأفران بدون تخفيض استهلاك الكوك فإن درجة حرارة المعدن تزيد ما بين ٤٠ إلى ٨٠°م . على الرغم من أنه فى بعض الحالات تم تغيير فى سمات التصميم والتشغيل صاحبت عملية التحويل إلى أفران ذات صفين مما أدى إلى تحسين الأداء .

إن الزيادة فى درجة التقاط الكربون المصاحبة لارتفاع درجة حرارة المعدن جعلت بعض المسابك قادرة على خفض قيمة التكلفة الكلية لخامات الشحنة . وعلى سبيل المثال فإن أحد المسابك وجد أنه من الممكن إحلال نسبة ١٠٪ من الشحنة بخردة الصلب Steel Scrap بدلاً من تماسيح الزهر Pig Iron مع تخفيض تكلفة شحنة الكوك أيضاً . ومسابك أخرى استغلت ميزة ارتفاع معدل الصهر الذى أصبح ممكناً عند تحويل الفرن .



شكل (٢٥) مخطط يوضح مراوح الهواء ومواسير الهواء الرئيسية وأجهزة التحكم عند تشغيل أفران ذات هواء موزع .

إن كمية الكوك القابلة للتخفيض هي نفسها قادرة على زيادة معدل الصهر بمقدار ٢٥٪ بدون زيادة معدل الهواء عن المعدل العادي . وقيمة التوفير الإجمالي - Over all-Saving التي يمكن الحصول عليها باستعمال هذه النوعية من الأفران والذي يكون مناسباً مع الأفران متوسطة الحجم منها والكبيرة . وهذا الوفرة يزيد مع زيادة عدد الصبات . إن الأموال التي تم توفيرها نتيجة تخفيض الفحم معقولة جداً ، مع أنها تقل بدرجة قليلة بسبب زيادة ارتفاع فرشاة الكوك ، وبسبب زيادة الفقد في السيليكون نتيجة الصهر . وفي أحد

المسابك التي تصهر يومياً ٩٦ طناً وعدد ساعات العمل ٨ ساعات كانت التكاليف كما يلي :

$$\begin{aligned} ١- \text{الوفر في الكوك المشحون بنسبة من} &= ٤.٠٣ \text{ طن / يوم} \\ &= ٢٧٨ \text{ جنيه استرليني / يوم} \\ &= ٦٦٧٢٠ \text{ جنيه استرليني / سنة} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= ٠.٦٤ \text{ طن / يوم} \\ ٢- \text{تكاليف الكوك الزائد في الفرشة} &= ٤٤ \text{ جنيه استرليني / يوم} \\ &= ١٠٥٦٠ \text{ جنيه استرليني / سنة} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= ٠.١٩٢ \text{ طن / يوم} \\ ٣- \text{تكاليف الفقد الزائد في السيليكون} &= ٧١ \text{ جنيه استرليني / يوم} \\ &= ١٧٠٤٠ \text{ جنيه استرليني / سنة} \\ &= ٤٥ - ٥٠ \% \text{ حوالى } ٢٣٠ \text{ جنيهه} \\ &= ٢٧٨ - (٧١ + ٤٤) \\ &= ١٦٣ \text{ جنيه استرليني} \end{aligned}$$

$$\text{الوفر في السنة الواحدة} = ٣٩١٢٠ \text{ جنيه استرليني}$$

إن تكلفة تحويل هذه الأفران إلى أفران ذات صفين تقدر بحوالى ١٤.٠٠٠ جنيه استرليني بالإضافة إلى أن هذه العملية لا تتضمن مصاريف دورية كوقود أو أكسجين أو خامات أخرى . وهذا يجعل عملية التحويل مفيدة ومربحة . والجدول رقم (٢) يوضح قيمة الوفر السنوى في الأفران المختلفة نتيجة الاختلاف في عدد ساعات العمل بمعدلات الصهر في الساعة الواحدة .



## جدول (٢) الوفرة الناتج من تشغيل فرن ذات صفيين من الودينات

معدل الصهر طن / ساعة		١٢		٣
مدة الصهر ساعة		٨	٢	٨
الوفرة اليومية ( جنيه استرليني )				
شحنة الكوك	٢٧٨+	٦٩+	٦٩+	١٧+
فرشة الكوك	٤٤-	٤٤-	٤٤-	١١-
شحنة السيليكون	٧١-	١٨-	١٨-	٥-
صافي الوفرة	١٦٣	٧	٤٠	١
الوفرة السنوى	٣٩ ١٠٠	١ ٧٠٠	٩ ٦٠٠	٢٤٠

ويكشف هذا الجدول أنه إذا تم تشغيل هذا الفرن ( ١٢ طن / ساعة ) لمدة ساعتين فقط يومياً بدلاً من ثمانية ساعات ، فإن الوفرة السنوى سيتغير من ٣٩١٠٠ جنيه إسترليني إلى ١٧٠٠ جنيه إسترليني فقط . ومن جهة أخرى إذا تم خفض معدل الصهر من ١٢ طن / ساعة إلى ٣ طن / ساعة بينما تظل عدد ساعات العمل ٨ ساعات كما هي فإن الوفرة سوف ينخفض من ٣٩١٠٠ جنيه استرليني إلى ٩٦٠٠ جنيه إسترليني .

والتكلفة المحسوبة فى جدول (٢) تفترض أن الزيادة فى استهلاك السيليكون تقدر بحوالى ٢ . ٠٪ لتعويض زيادة الفقد فى السيليكون مع هذه النوعية من الأفران . وفى واقع الأمر فقد وجد أن هذه النسبة هى أعلى نسبة فقد للسيليكون ، بينما وجد فى العديد من المسابك أنه ليس هناك ضرورة لزيادة السيليكون فى الشحنة . وفى هذه الحالة سوف نجد أن الوفرة السنوى الحقيقى سيكون أعلى بكثير مما تم احتسابه فى الجدول السابق .

## فرن الدست ذو الهواء الموزع الساخن

### Divided Hot Blast Cupola

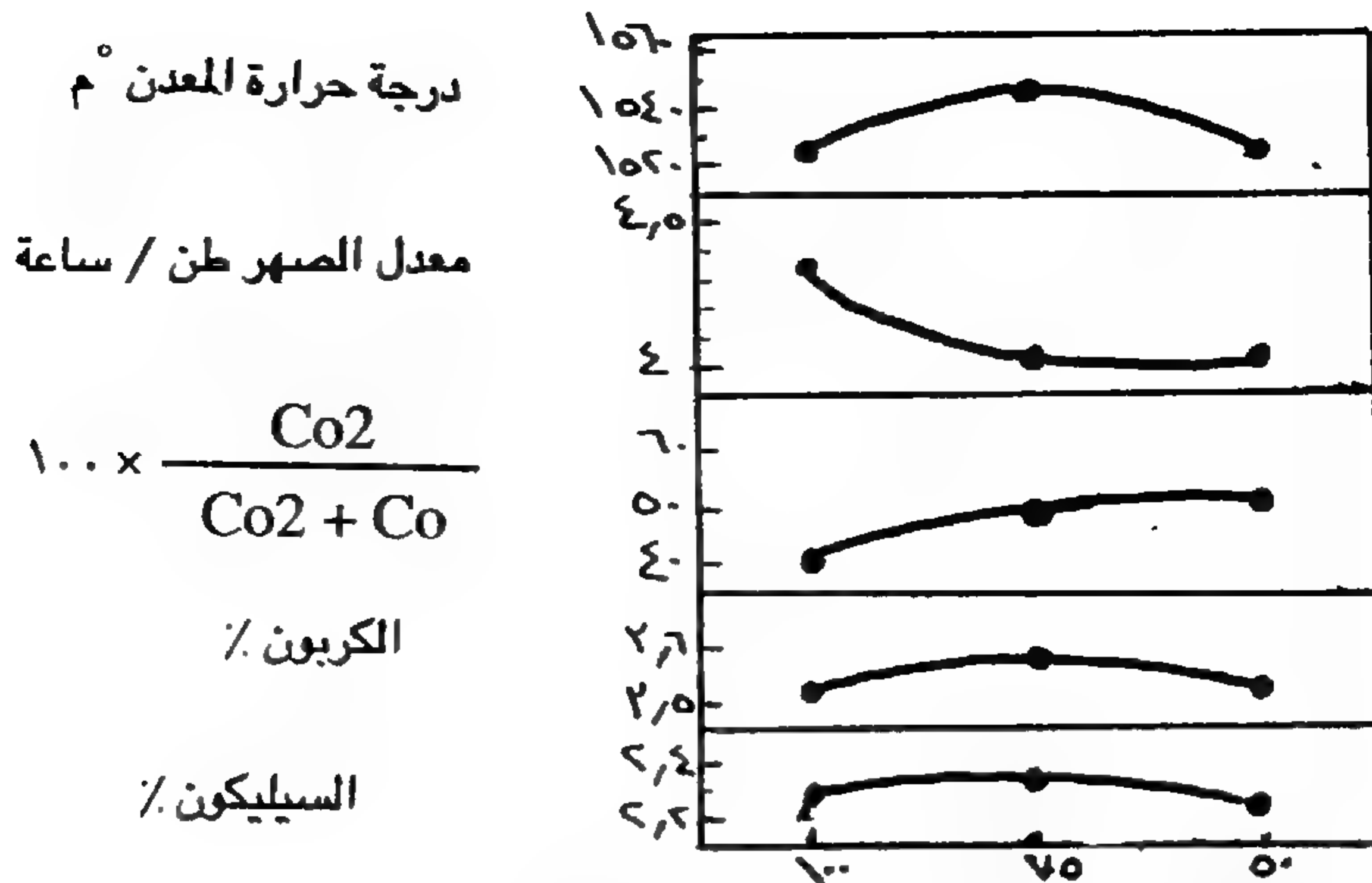
مع تتابع عملية التطوير الناجح لأفران الدست ذات الصفيين ، فإن العديد من المسابك كان مهتماً باستخدام الهواء الساخن فى تشغيل هذا الفرن كوسيلة لزيادة معدل الصهر فى الأفران التى وصلت معدلات صهرها إلى الحد الأقصى . ومستقبلاً فإن عملية تحويل

الأفران ذات الهواء الساخن الموجودة حالياً إلى أفران ذات صفين من الودنات ، ستمثل أهم المشاكل الكبرى فى التصميم والإنشاء . والمطلب الأساسى فى عملية تشغيل الأفران ذات الصفين ( إذا كان مطلوباً الحصول على نتائج مثالية ) هو ضرورة قياس وضبط معدلات تدفق الهواء فى كل صف على حدة . وفى العديد من الأفران الساخنة تكون أجهزة التسخين موضوعة قريبة جداً من الفرن لتسمح للهواء الساخن الخارج منها بالانقسام خلال ماسورتين رئيسيتين منفصلتين .

بالإضافة إلى ذلك فإن سعة كل من الماسورتين الرئيسيتين وقميصى الهواء يجب أن تكون أكبر من السعة المطلوبة فى حالة الهواء البارد Cold Air ويرجع ذلك إلى ضرورة الحاجة إلى عزلها حرارياً Thermal Insulation . لهذا السبب فقد تظهر بعض المشاكل الخاصة بتجهيز ومدى اتساع المكان . بالإضافة إلى أنه لقياس وضبط كميات الهواء المدفوعة فى كل ماسورة فإن أجهزة القياس Measuring Elements ومحابس ضبط الهواء Blast Control Valve يجب وضعها فى جانب تيار الهواء الساخن فى نظام تسخين الهواء .

وفى المصانع التى تعاني مشاكل قياس وضبط معدلات الهواء الساخن ، فقد وجد أنه من الممكن تبسيط هذه العملية وذلك بدفع هواء بارد فى الصف العلوى من الودنات . ولحساب ما إذا كان استخدام الهواء البارد فى الودنات العليا إلى جانب الهواء الساخن فى الودنات السفلى سيؤدى إلى زيادة معدل الصهر أم سيبطل كما هو . تم إجراء سلسلة من التجارب والصبات فى الدست .

وشكل (٢٦) يوضح نتائج الدراسات التى أجريت لتحديد أنسب توزيع لكميات الهواء فى كل صف . حيث كان إجمالى معدل الهواء ثابتاً بمقدار ٤٢.٥ متر ٣ / دقيقة وكانت نسبة الكوك فى الصبات الثلاثة تمثل ١١٪ من وزن المعدن .



تأثير أختلاف توزيع الهواء البارد والهواء الساخن على الصف السفلى والصف العلوى من الودنات ( شحنة الكوك ١١٪ ، معدل دفع الهواء الكلى ٤٢,٥ متر ٣ / دقيقة - ١٥٠٠ قدم ٣ / دقيقة ) .

نسبة الهواء الساخن ( ٥٠٠ °م ) فى الودنات السفلى ٪

شكل (٢٦)

صفر

٢٥

٥٠

نسبة الهواء البارد فى الودنات العليا ٪

- فى الصبة الأولى تم دفع كمية الهواء كلها بدرجة حرارة ٥٠٠ °م عبر الودنات السفلية .

- فى الصبة الثانية تم دفع كمية هواء مسخن لدرجة حرارة ٥٠٠ °م بنسبة ٧٥٪ من إجمالى كمية الهواء عبر الصف السفلى وكمية هواء بارد بنسبة ٢٥٪ خلال الصف العلوى .

- أما الصبة الثالثة فتم توزيع الكمية بالتساوى بين الودنات السفلية ( هواء ساخن ) والودنات العليا ( هواء بارد ) .

وقد وجد أنه بتخفيض كمية الهواء الساخن خلال الودنات السفلية بنسبة ٢٥٪ واستبدالها بكمية مساوية لها ( ٢٥٪ ) من الهواء البارد فى الصف العلوى ( ٢٥٪ هواء بارد فقط ) فإن درجة حرارة المعدن زادت حوالى ٢٠ °م لكن معدل الصهر انخفض من ٤,٣٥ طن / ساعة إلى ٤,٠٢ طن / ساعة ، وقد لوحظ أن زيادة درجة حرارة المعدن كان يصاحبها



زيادة فى محتوى المعدن من الكربون والسيليكون .

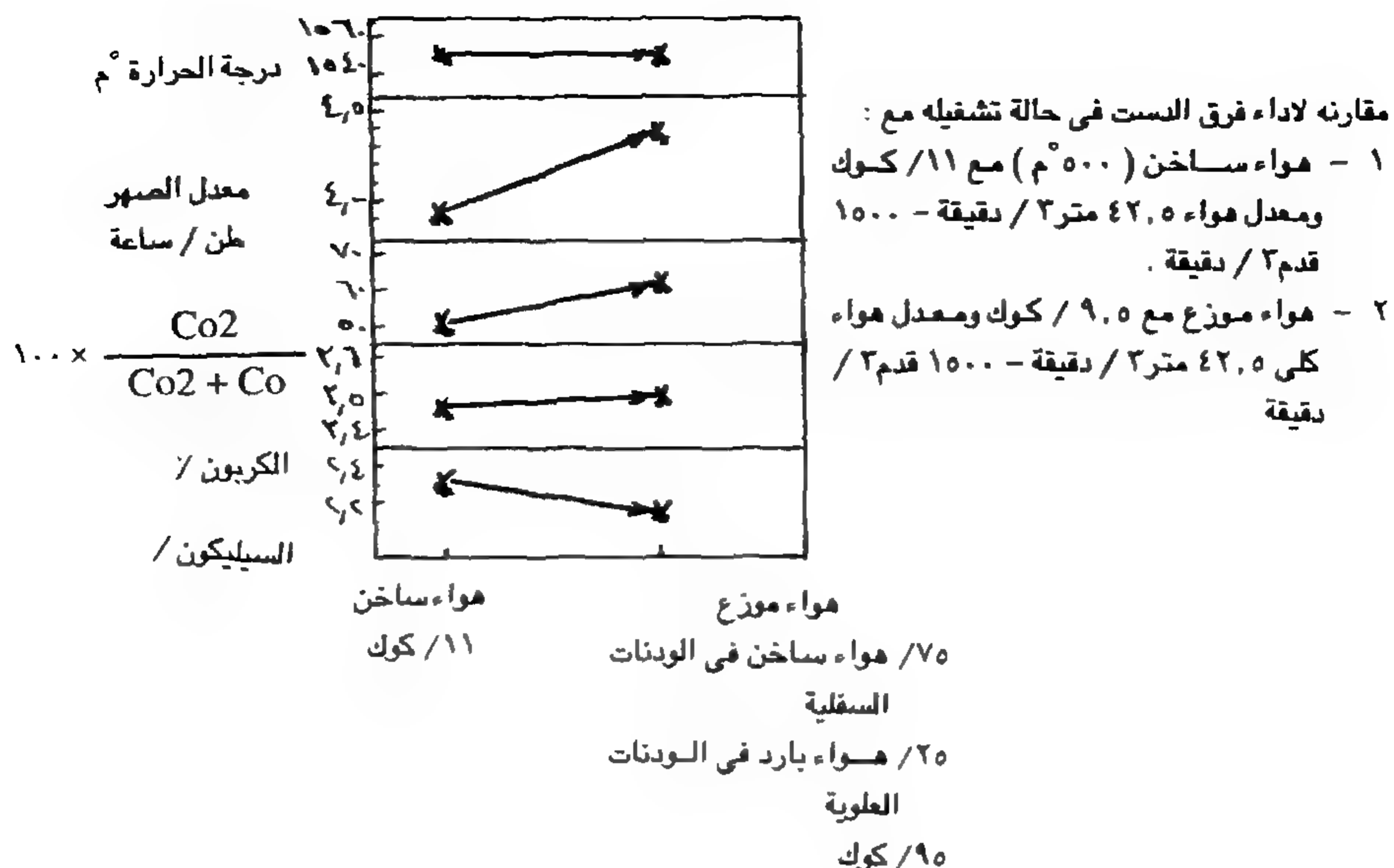
أما فى حالة إمرار هواء ساخن فى الصف السفلى بنسبة ٥٠٪ وهواء بارد فى الصف العلوى بنسبة ٥٠٪ فإن درجة الحرارة تقل ، ولكنها تظل فى نفس المستوى الذى يتم الحصول عليه عند دفع كمية الهواء كلها عند درجة حرارة ٥٠٠°م من خلال الصف السفلى بمفرده ؛ كما انه قد يحدث اختلاف فى معدل الصهر أو نسبة الاحتراق -Combustion Ra- tio . كما أن محتوى السيليكون والكربون يقل قليلاً ليصل تقريباً إلى نفس المستويات التى يتم الحصول عليها عند تشغيل فرن الهواء الساخن العادى .

والنتائج التى تم الحصول عليها من الثلاث صببات أوضحت أن تدفق كمية الهواء الساخن ( ٥٠٠°م ) بنسبة ٧٥٪ من خلال الصف السفلى وتدفق كمية هواء بارد بنسبة ٢٥٪ خلال الصف العلوى ، تؤدي إلى زيادة درجة حرارة المعدن المنصهر بمقدار ٢٠°م تقريباً زيادة على درجة الحرارة التى يمكن الحصول عليها عند إمرار كمية الهواء بالكامل ( بدرجة حرارة ٥٠٠°م ) خلال الصف السفلى فقط .

وبناءً على ذلك فقد وجد أنه بالإمكان تخفيض شحنة الكوك بنسبة ١٠.٥٪ من وزن المعدن ( أى من نسبة ١١٪ إلى نسبة ٩.٥٪ ) عند استعمال صفى ودنات مع تقسيم الهواء بنسبة ٧٥٪ هواء ساخن ( ٥٠٠°م ) للصف السفلى ، ٢٥٪ هواء بارد للصف العلوى من أجل الحصول على نفس درجة الحرارة التى تنتج من الفرن العادى ذى الهواء الساخن وصف 'لودنات الوحيد' .

وفى صبة أخرى تم استخدام شحنة فحم بنسبة ١١٪ ومعدل هواء ٤٢.٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة ودرجة حرارة الهواء ٥٠٠°م ودفعه إلى الصف السفلى وفى صبة ثالثة كانت نسبة الكوك ٩.٥٪ ومعدل الهواء ٤٢.٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة مقسمة بنسبة ٧٥٪ للصف السفلى ( ٥٠٠°م ) ونسبة ٢٥٪ عبر الصف العلوى ( هواء بارد ) .

وشكل (٢٧) يوضح أن درجة حرارة المعدن الناتج فى كلتا الحالتين كانت متماثلة ، بينما زاد معدل الصهر من ٣.٩٣ طن / ساعة ( عند استخدام ١١٪ كوك فى فرن عادى بالهواء الساخن ) إلى ٤.٣٨ طن / ساعة ( عند استخدام ٩.٥٪ كوك من فرن ذى صفين هواء ساخن ) .



شكل (٢٧)

فى صبات الفرن السابق ذى الهواء الساخن كانت كمية الهواء كلها ذات معدل ثابت .  
وتحت هذه الظروف اتضح أن أقصى درجة حرارة للمعدن عند فتحة البزل يمكن الحصول  
عليها عند دفع هواء ساخن بنسبة ٧٥٪ خلال الصف السفلى مع دفع هواء بارد بنسبة  
٢٥٪ خلال الصف العلوى . كما يمكن زيادة معدل الصهر قليلاً عند تخفيض نسبة الكوك فى  
الشحنة .

وفى الواقع إذا كان مطلوباً زيادة معدل الصهر فى الأفران التى تعمل بالكامل  
بالهواء الساخن فإنه يتم استعمال هواء بارد إضافى ، ليس بهدف إحلاله محل جزء من  
الهواء الساخن ، ولكن بهدف زيادة كمية الهواء الكلية المدفوعة خلال الفرن . هذا وقد تم  
إجراء تجربة خصيصاً لإقامة الدليل على أن معدل الصهر يمكن زيادته بهذه الطريقة . وقد  
كانت ظروف التجربة متطابقة لتلك الظروف التى تستعمل فى الأفران العادية ذات الهواء

الساخن ، فيما عدا إضافة كمية من الهواء البارد تمثل ٢٥٪ من إجمالي الكمية وتم دفعها إلى الصف العلوى .

**وكانت النتائج كالتالى :**

- ١- زيادة معدل الصهر بنسبة ٢٢٪ من معدل ٤,٣٥ إلى ٥,٣٠ طن / ساعة .
  - ٢- زيادة درجة حرارة المعدن عند فتحة البزل من ١٥٢٥ إلى ١٥٦٥°م بزيادة قدرها ٤٠°م .
  - ٣- زيادة كفاءة الاحتراق Compustion Efficiency وزيادة درجة حرارة غازات الفرن.
  - ٤- عدم تغيير التركيب الكيميائى للمعدن فيما عدا زيادة طفيفة لنسبة السيليكون فى المعدن .
- إذن فى حالة الأفران ذات الهواء البارد وذات الصفيين من الودنات وجد أنه أفضل ظروف تشغيل هى التى يتم فيها توزيع الهواء بالتساوى بنسبة ٥٠٪ ، ٥٠٪ من إجمالي الكمية .
- أما فى الأفران ذات الهواء الساخن فإن كمية الهواء الساخن الذى يتم دفعه خلال الصف السفلى يقل بمقدار الربع ليحل محله هواء بارد يتم دفعه خلال الصف العلوى . وبالتالي فإن المحتوى الحرارى Heat Content فى الهواء المدفوع يصبح أقل . وبالتالي فإن التحسن فى الأداء فى هذه الحالة لن يكون كبيراً ، مثلما فى حالة استخدام هواء بارد أو مثل ذلك التحسن الذى يمكن توقعه فى حالة ما إذا كان الهواء الساخن مستخدماً فى كلا الصفيين العلوى والسفلى .
- إن العديد من المسابك فى بريطانيا قامت بتحويل أفران الدست الساخنة إلى أفران ذات صفيين ، وذلك بإدخال هواء بارد فقط خلال الصف العلوى ، وعلى الرغم مما يؤدي ذلك إلى خفض استهلاك الكوك إلا أن الاستفادة الأعظم بسبب عملية التحويل هى الزيادة فى معدلات الصهر .

وفى الوقت الحاضر تم انشاء فرن دست ذات هواء ساخن يتم دفعه فى كلا الصفيين العلوى والسفلى ، والفرن تم إنشاؤه فى مسبك دالتون بالولايات المتحدة ، ويتم تسخين الهواء



الداخل للفرن حتى درجة ٤٥٠ - ٥٠٠ م° وأفضل ظروف التشغيل هي التي يتم فيها تقسيم الهواء بنسبة ٧٥٪ للصف السفلى ، ٢٥٪ للصف العلوى وقد تم تخفيض استهلاك فحم الكوك بنسبة ٢٢٪ بدون حدوث انخفاض فى درجة حرارة المعدن عند فتحة البزل . كما أن معدل الصهر زاد من ٢٦ طن / ساعة إلى ٣٦ طن / ساعة .

## الباب الخامس

### تقنيات تشغيل أفران الدست الخاصة والمعدلة

#### Modified and Special Cupola Operation Techniques

يتناول هذا الباب أساليب تشغيل أفران الدست الخاصة والمعدلة على النحو التالي :

- ١ - تشغيل أفران الدست القاعدية .
- ٢ - استخدام المياه فى تبريد الأفران .
- ٣ - استخدام الهواء الساخن فى تشغيل الأفران .
- ٤ - استخدام الوقود الإضافى فى أفران الدست .
- ٥ - أفران الدست التى تعمل بدون استعمال الكوك ( كوكس ) .
- ٦ - استعمال كربيد الكالسيوم فى أفران الدست .

#### ١ - أفران الدست القاعدية Basic Cupola Operation

من العوامل التى تحد من استخدام أفران الدست ذات البطانة الحامضية فى الصهر هو عدم إمكانية تخفيض نسبة الكبريت فى المعدن Sulphur Content أثناء عملية الصهر حيث إن المعدن دائماً مايمتص الكبريت من فحم الكوك ، ولجعل عملية إنتاج زهر يحتوى على نسبة منخفضة من الكبريت من العمليات الممكنة فإنه من الضرورى جعل الخبث قاعدياً ومحتويّاً على نسبة عالية من ( الجير : السيليكا ) وهذا الشرط يتعارض مع استعمال طوب حرارى حامضى فى تبطين الفرن . فعند تشغيل الفرن مع استخدام خبث قاعدى يتم تبطين الفرن باستخدام طوب ماجنزيت Magnesite أو دولوميت Dolomite أو طوب حرارى كربونى Carbon Refractories .

إن استعمال بطانة قاعدية فى الفرن يخلق عدداً من الصعوبات من أهمها المعدل العالى لتآكل هذه الحرارية ، بالإضافة إلى ارتفاع ثمنها إلى جانب مشاكل أخرى عديدة تعوق إجراء عمليات الترميم والإصلاح . وعموماً لحل هذه المشاكل مجتمعة فإنه يفضل

استخدام المياه في تبريد منطقة الصهر والتي قد تكون غير مبطنة بالكامل أو مبطنة ببطانة حرارية رفيعة والتي تتماسك في هذا الوقت ضد تأثير الخبث بسبب فعل مياه التبريد .

ويصبح الخبث قاعدياً إذا زادت نسبة كلاً من الجير (Lime (CaO والماجنزا (MgO) على نسبة كلاً من السيليكا (SiO<sub>2</sub>) والالومينا (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ويتم تحديد درجة قاعدية الخبث Basicity حسب المعادلة التالية :

$$\text{درجة القاعدية Basicity} = \frac{\text{Ca O\%} + \text{Mg O\%}}{\text{Si O}_2\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%}$$

ويقسم الخبث حسب درجة القاعدية إلى ثلاثة أقسام ، هي :

- ١ - النوع الأول : قاعدية معتدلة Mild Basicity إذا كان ناتج المعادلة من ١ - ٢ .
- ٢ - النوع الثاني قاعدية متوسطة Moderate Basicity إذا كان ناتج المعادلة من ٢ - ٣ .
- ٣ - النوع الثالث : قاعدية عالية High basicity إذا كان ناتج المعادلة ٣ .

والنوع الأخير ذو القاعدية العالية هو الذي يعطى زهراً ذا محتوى كربوني عالى ، ونسبة كبريت منخفضة وفقد عالى في السيليكون والعكس بالعكس في حالة الخبث المعتدل القاعدية . والمواد التي تضاف إلى الأفران القاعدية لتساعد على تكوين الخبث Flux تشمل كلاً من الحجر الجيري Lime Stone والدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي والفلوروسبار Flourspar وإضافة الفلوروسبار بنسبة تتراوح بين ٥ ، ٠٪ إلى ٥ ، ٣٪ تضمن سيولة ممتازة للخبث . والحجر الجيري الزائد الموجود بالخبث القاعدي يجعل عملية إزالة الكبريت Desul-phurization تسير تبعاً للمعادلة :



إن استخدام طريقة الصهر القاعدية تهدف أساساً للحصول على ، حديد زهر ذي محتوى عال من الكربون High Carbon ونسبة منخفضة من الكبريت Low Sulpher Content وهذه هي نفسها الخواص المطلوبة لإنتاج الحديد الزهر الكروي (SG) Nodular Iron . إن المصانع التي تقوم بإنتاج هذا النوع من الزهر هي نفسها التي تقوم بإنتاج أنواع أخرى من الزهر باستعمال نسبة عالية من خردة الصلب Steel Scrap والمصببات



الزهر وتماسيح الزهر المحسن .

إن عملية الصهر القاعدية تلقى قبولاً في الحالات التي تتطلب درجة معتدلة من القاعدية وذلك لتقليل نسبة الكبريت في مدى بسيط . وعلى سبيل المثال في المسابك التي تنتج مسبوكات خفيفة من حديد الزهر الفوسفوري . وفي هذه الأحوال فإن استعمال أفران دست مبردة بالمياه مع وجود خبث معتدل القاعدية Mild يسمح باستعمال شحنات تحتوي على خرقة زهر بنسبة ١٠٠٪ كما يسمح بالحصول على نسب الكربون والكبريت داخل المواصفات المطلوبة .

وكما أن استعمال الخبث القاعدي له مزايا فإنه له أيضاً بعض العيوب مثلاً :

١- الفقد في السيليكون في حالة الخبث القاعدي أعلى منه في حالة الخبث الحامضي Acid Slag وكلما زادت درجة قاعدية الخبث كلما زاد الفقد في السيليكون بالتالي ، والمعادلة التالية تعبر عن كيفية حدوث أكسدة السيليكون :



وفي حالة استعمال الخبث الحامضي فإن هذا التفاعل لا يمكن أن يستمر طويلاً ، ويرجع هذا إلى ارتفاع نسبة السيليكا في الخبث الحامضي ، وهذا يوضح السبب في انخفاض كمية الفقد في السيليكون .

٢ - التكاليف العالية للحراريات خصوصاً في حالة بناء أفران الدست .

٣ - التكاليف العالية للمواد ( مساعدات الصهر ) Fluxing Materials .

٤ - عملية ضبط تحليل المعدن تكون أصعب في هذه الحالة . حيث إن عملية إنتاج مسبوكات هندسية على درجة عالية نسبياً من الدقة تكون هي المطلوبة . وهذه الحالة تتطلب توافر أجهزة خلط مساعدة لضبط تركيبة الشحنات المختلفة . وفي واقع الأمر إن هذا يعني أن المعدن قد يتم صبه من فرن الدست إلى خزان ساخن ويفضل أن يكون الخزان من النوع ذي التسخين الكهربى الحثى Electric Induction Type .

## ٢ - استخدام المياه في تبريد الأفران Water Cooling

يتم استخدام المياه لتبريد الأفران أساساً كطريقة لتقليل استهلاك المواد الحرارية

فى منطقة الصهر ، ويتم اختيار هذه الطريقة تبعاً للأسباب التالية :

١ - زيادة فترة تشغيل الفرن Extention of Duration .

٢ - لتقليل عدد العمال والوقت اللازمين لترميم الفرن Reduce Labour & Time .

٣ - لتقليل استهلاك مواد التبطين الحرارية الغالية الثمن خصوصاً الحرارية القاعدية .

٤ - لجعل القطر الداخلى للفرن قابل للزيادة وذلك بتخفيض سمك البطانة أو إزالة

البطانة بالكامل فى منطقة الصهر . وعلى هذا يمكن الحصول على معدل صهر أعلى.

وتنقسم طرق التبريد بالمياه إلى نوعين Two Categories ، وهما :

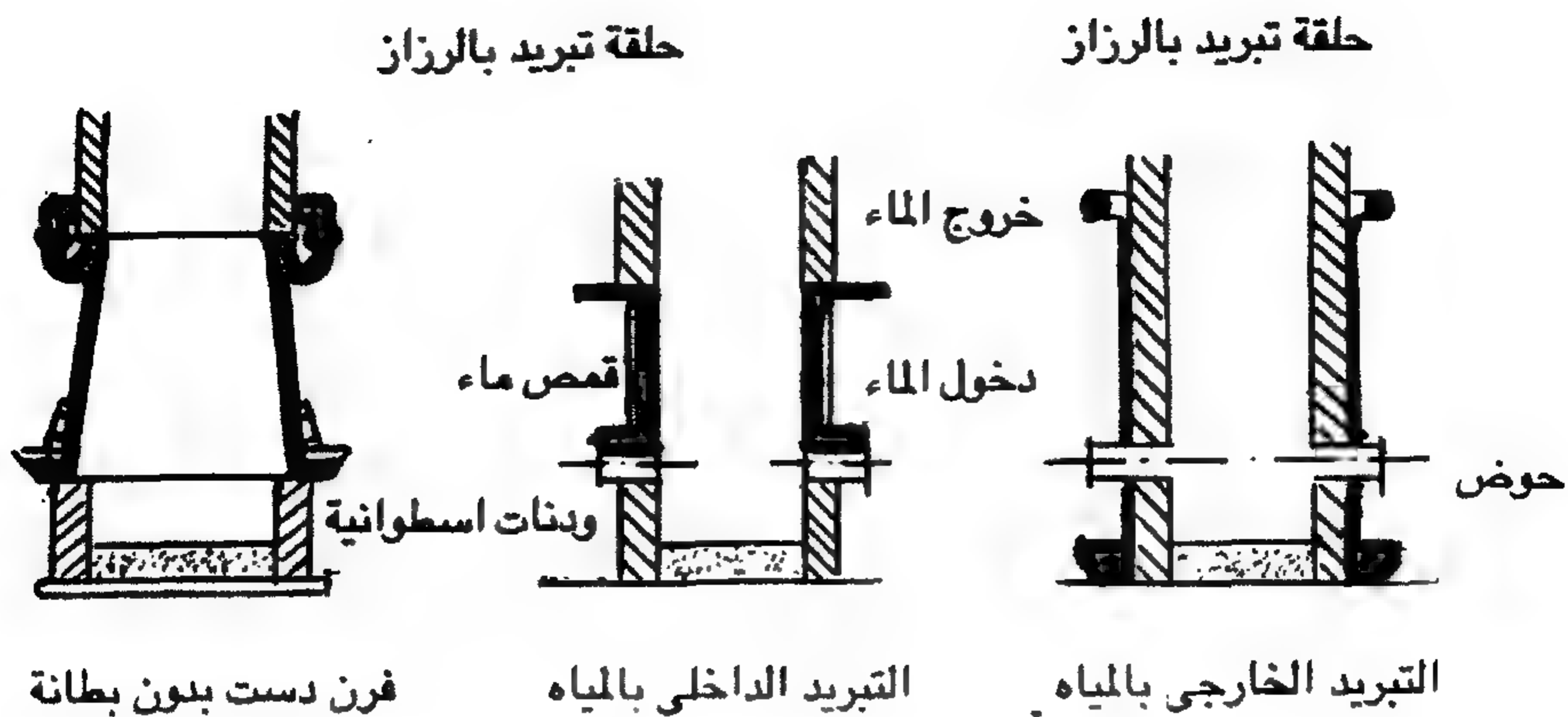
١ - التبريد الداخلى Internal Type .

٢ - التبريد الخارجى External Type .

وفى النوع الداخلى تجرى مياه التبريد بصورة مستمرة ودورية خلال عدد من الأغلفة Jackets أو المصارف banks المصنوعة من المواسير الصلب والموضوعة خلال بطانة الفرن فى منطقة الصهر .

أما التبريد الخارجى فيتم إجراؤه عن طريق تغطية السطح الخارجى لصاج الفرن بطبقة رقيقة من المياه Sheet of Water . وعادة ما يتم استعمال طريقة رش المياه بواسطة رشاشات Sprayers مخصصة والشكل رقم (٢٨) يوضح الطرق المختلفة المستخدمة فى تبريد الأفران بالمياه . حيث يستخدم رشاش المياه فى تبريد صاج الفرن والبطانة الحرارية ذات السمك المعتاد .

وهذه الطريقة عادة ماتستخدم كإجراء وقائى أو احتياطى ، فى حالة البطانة التى يحدث لها إحمرار خلف صاج الفرن . وهذه الطريقة دائماً ماتستعمل حينما يكون مطلوباً زيادة فترة تشغيل الفرن أو عندما يكون من الضرورى تخفيض سمك البطانة بهدف زيادة معدل الصهر عن المعدل العادى . وفى كل هذه الظروف يجب منع احمرار صاج الفرن أو البطانة التى خلفه . ان استخدام طريقة التبريد بالمياه فى وجود بطانة كاملة للفرن لا تؤثر على درجة حرارة المعدن بالمره . بينما يكون العيب الواضح والاكيد لاستخدام طريقة التبريد الكامل بالمياه Full Water-Cooling ( حيث يكون الفرن ذا بطانة ضعيفة أو بدون بطانة



شكل (٢٨) الطرق المختلفة لتبريد أفران الدست بالمياه .

على الإطلاق ) هو انخفاض درجة حرارة المعدن ، وبالتالي إرتفاع معدل استهلاك فحم الكوك للحصول على درجة الحرارة المطلوبة . ويتزايد تأثير هذا التبريد بدرجة خطيرة كلما صغر قطر فرن الدست . ولهذا السبب فإنه ينصح عموماً باستخدام نظام التبريد الكامل بالمياه لأفران الدست التى يزيد قطرها الداخلى عن متر واحد خصوصاً إذا كان مطلوباً الحصول على درجة حرارية عالية للمعدن المصهور .

وتظهر بعض المشكلات الإضافية عند استخدام مياه التبريد خصوصاً فى الأفران التى تعمل بدون بطانة حيث تتكون حلقة Ring من المعدن المنصهر جزئياً مع الجليخ ؛ والتى تكون بصفة عامة موجودة فوق منطقة الصهر بالفرن وعند المنطقة التى يتم تبريدها بشدة أو عند المنطقة التى فيها خزان مياه التبريد . ويرجع السبب فى تكوين هذه الحلقة إلى أن بعضاً من الهواء المتصاعد لا يتفاعل مباشرة مع فحم الكوك ، ولكنه يرتفع ماراً بالسطح البارد نسبياً من منطقة الصهر . وهذه المنطقة يمكن أن يمر بها الهواء بسرعة أكبر بسبب انخفاض المقاومة Low Resistnce . وفوق منطقة المبرد Cooler مباشرة ، وحيث توجد بطانة حرارية فى بئر الفرن ( الأسطوانة Shaft ) تبدأ درجة حرارة الهواء فى الارتفاع بدرجة كافية لإشعال الفحم وإحداث عملية صهر لبعض الخامات . وهذه الحلقة تكون صعبة الإزالة .

وفى أسوأ الظروف يمكن لهذه الحلقة أن تستمر فى التكوين والزيادة حتى تؤدى إلى



اختناق الفرن فى هذه المنطقة ، وتؤثر على عملية تشغيل الفرن بدرجة خطيرة . والصعوبات التى تنشأ عن هذه الحلقة يتم التغلب عليها بدرجة كبيرة وذلك بتركيب ودنات لتوزيع مياه التبريد مع استخدام هواء ذا سرعة عالية ، وفى أحيان أخرى يتم تصنيع صاج الفرن على شكل مخروط بهدف تبريده بالمياه .

وحيث إن مزايا نظام التبريد بالمياه تكون أكثر إقتصادية عند استخدام الحرارية الحامضية وفى تخفيض تكلفة وأجور عمال ترميم الفرن . ومن المحتمل أن يتساوى هذا الوفرة نسبياً مع التكاليف المرتفعة لمعدات وأجهزة التبريد ومع تكاليف ومصاريف الصيانة الإضافية وأيضاً مع المصاريف الإضافية المحتملة لزيادة استهلاك الفحم لتتعادل مع ولتعويض الفقد الحرارى الناتج عن استخدام المياه .

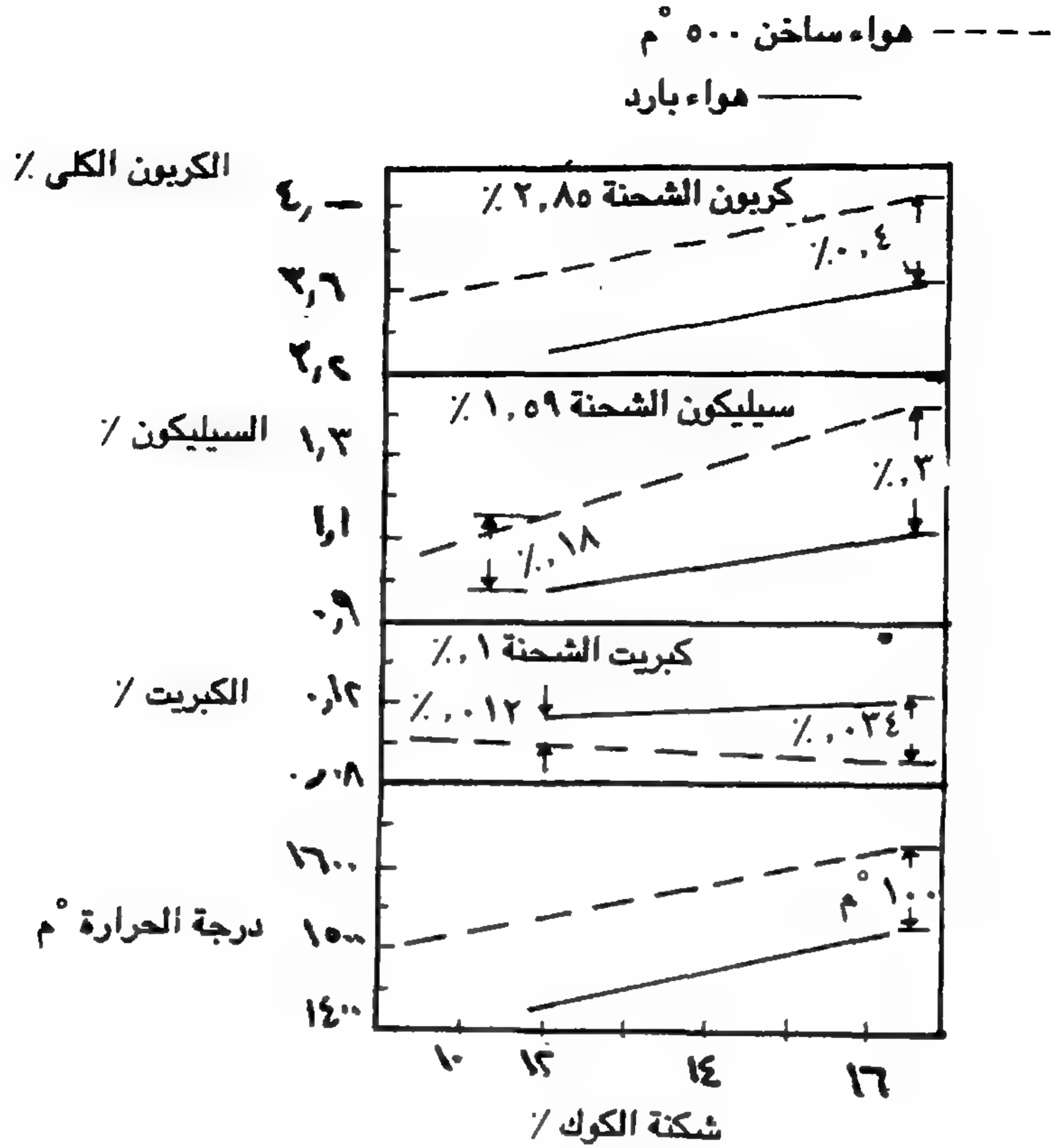
ولهذه الأسباب مجتمعة فإنه ليس من المعتاد ، وعموماً لاينصح باستعمال مياه لتبريد الأفران التى تعمل لفترات قصيرة لاتزيد عن ٨ ساعات ، ماعداً فى الأفران التى تعمل باستخدام خبث قاعدى ، حيث إن الاعتبارات الميتالورجية تتفوق وتطغى على تأثير كل من اقتصاديات الوقود والكفاءة الحرارية . وحتى فى فترات التشغيل الطويلة ، وخاصة عندما يكون مطلوباً الحصول على درجة حرارة مرتفعة للمعدن فإن عمليات التشغيل بدون استخدام بطانة Liningless لا يكون مرغوباً فيها فى ظروف التشغيل الحامضى Acid ويفضل استخدام تبريد بالمياه على صاج الفرن أو تركيب مبردات داخلية Internal Coolers مع استعمال البطانة العادية فى بداية السطح المبرد . وتعتبر عملية التبريد بالمياه كإجراء وقائى ( تحفظى ) فقط فى حالة احمرار البطانة خلف الصاج .

### ٣- استخدام الهواء الساخن فى تشغيل أفران الدست

#### Hot Blast Operation

عند استخدام هواء سبق تسخينه فى تشغيل فرن الدست فإنه حينئذ تظهر بعض المزايا . وشكل رقم (٢٩) يوضح تأثير الهواء المسخن على درجة حرارة المعدن وعلى تركيبه عند صهر مجموعة خامات ؛ ويوضح نتائج الدراسات التى أجريت على أفران الدست فى بكيرا BCIRA .

فى حالة استخدام كمية معينة من فحم الكوك مع استخدام هواء ساخن لدرجة حرارة



شكل (٢٩) تأثير استعمال الهواء الساخن على كل من  
درجة الحرارة وتركيب المعدن

٥٢٠ م° فإن درجة حرارة المعدن تزداد بمقدار ١٠٠ م° ، وتزداد نسبة الكربون Carbon Cintent بمقدار ٠.٤ % كما تزداد نسبة السيليكون في المعدن ، بينما تنخفض نسبة الكبريت المكتسب . وعند تشغيل فرن الدست باستخدام هواء بارد يتم استخدام شحنة كوك بنسبة ١٦ % للحصول على درجة حرارة ١٥٢٠ م° ، أما عندما نستخدم هواء ساخن لدرجة حرارة ٥٢٠ م° فإننا يمكننا الحصول على معدن بنفس درجة الحرارة ١٥٢٠ م° مع استعمال شحنة كوك بنسبة ١٠.٧ % فقط . والأكثر أهمية من ذلك أنه إذا ظلت شحنة الكوك كما هي مستعملة في الأفران ذات الهواء البارد بدون تغيير فإن تأثير تسخين الهواء على زيادة نسبة الكربون المكتسب Carbon Pick-up يجعل من الممكن استبدال الحديد الزهر واستخدام

خردة صلب Steel Scrap بدلاً منه فى شحنة الفرن . بالإضافة إلى ذلك فإن انخفاض نسبة الكبريت فى المعدن يجعل من الممكن استخدام نسبة أعلى من خردة الحديد الزهر Cast Iron Scrap . ومن المزايا العديدة لاستخدام الهواء الساخن مايلى :

- ١ - تخفيض استهلاك الكوك .
- ٢ - زيادة درجة حرارة المعدن .
- ٣ - زيادة معدل الصهر .
- ٤ - تخفيض نسبة الكبريت المكتسب .
- ٥ - تخفيض الفقد أثناء الصهر .
- ٦ - زيادة نسبة الكربون المكتسب وبالتالي زيادة إمكانية إحلال خردة الصلب محل تماسيح الزهر .

ومن الجدير بالملاحظة أنه ليس من الممكن الحصول على جميع هذه المزايا فى وقت واحد . وعلى سبيل المثال فإنه عند استخدام نسبة أعلى من خردة الصلب ، فإن ذلك يتطلب زيادة نسبة الكوك ليدخل فى عملية الكربنة وهذا بالتالى يصاحبه انخفاض فى معدل الصهر وزيادة فى اكتساب الكبريت من الكوك .

وتتم عملية تسخين الهواء إما باستخدام مسترجع حرارى Recuperator ، حيث يستخلص الحرارة من عادم الغازات الخارجة من الفرن Wast Gases وإما بواسطة سخان مستقل يعمل بالغاز أو الوقود البترولى . وفى معظم الأفران التى تعمل بالهواء الساخن يتم تسخين الهواء لدرجة حرارة ٥٠٠° م ، وتتخلص المزايا الاقتصادية عند استخدام هواء تزيد درجة حرارته عن ٥٠٠° م ، فى حين نجد أن المسترجعات الحرارية المستخدمة فى درجة حرارة أعلى تصبح أكثر تكلفة وغير مناسبة . إن التكاليف الرئيسية فى نظام الأجهزة المتكاملة لاسترجاع حرارة الغازات من مدخنة الفرن تعتبر أكثر تكلفة من مصاريف استخدام سخان مستقل يعمل بالهيب . ومن الممكن تفضيل المسترجع فقط فى حالة ما إذا كانت إنتاجية الفرن عالية ولا تقل عن ١٥٠ طن / أسبوع . وقد أثبتت التجارب أنه عند استخدام سخان هواء مستقل فإن متطلبات الصيانة الدورية تكون قليلة ، ويحتاج إلى نظافة



دورية أقل من المطلوبة في حالة المسترجع الحرارى .

وفي حالة نظام الاسترجاع المتكامل تكون عملية الصيانة الشاملة أكبر وتعتبر أساسية لتشغيل النظام بصورة مرضية . والسخان المستقل يجعل من الممكن الحصول على درجة حرارة ثابتة للهواء وأكثر استقراراً من استخدام المسترجع الحرارى ، ويكون لهذا تأثير هام جداً على طريقة الإشراف والسيطرة على النواحي الفنية وعلى جودة الحديد المنتج . وفي مقابل مزايا السخان الحرارى المستقل يجب أن يوضع فى الاعتبار المصاريف الزيادة فى استعمال الوقود .

إن المصاريف الأساسية فى أفران الدست ذات الهواء الساخن تكون أكبر بدرجات متفاوتة من أفران الدست ذات الهواء البارد ، ويرجع ذلك لتكلفة وحدة الاسترجاع الحرارى أو السخان المستقل وإلى الحاجة إلى تركيب وحدة أكثر تكلفة ، بهدف تنقية الغازات الخارجة من الفرن . وليس من المحتمل أن يتم تعويض قيمة التكاليف الأساسية لوحدة الهواء الساخن على حساب قيمة الوفرة فى استهلاك الفحم الكوك وحده . لكن يمكن أن تكون العملية ناجحة اقتصادياً إذا أخذ فى الاعتبار احتمالية زيادة نسبة خردة الصلب أو خردة الزهر فى الشحنة . وفى هذه الظروف من المحتمل أن تقل أو تنعدم الفائدة الاقتصادية الناتجة عن استهلاك الفحم .

#### ٤ - استخدام الوقود الإضافى فى أفران الدست

##### Supplementary Fuels in the Cupola

##### تجارب عامة :

تم استخدام أفران عديدة لعدة سنوات فى روسيا وأوروبا الشرقية تعمل بواسطة الغاز الطبيعى ليحل محل فحم الكوك بصورة جزئية . وعلى الرغم من انتقال هذا النظام إلى دول أخرى إلا أنه لم يلق انتشاراً واسعاً خارج أوروبا الشرقية . وفى أفران الدست التى تعمل بالغاز والكوك معاً يتم إشعال الغاز بواسطة الهواء فى غرف اشتعال متصلة بالفرن ، وتدخل نواتج الاحتراق إلى الفرن على عدة ارتفاعات مختلفة ، وعادة تتراوح بين متر ومترين فوق مستوى الودنات . وفى خلال الخمس سنوات الماضية تم تحويل ستة من أفران الدست إلى نظام الغاز والكوك ونتائج تشغيل ثلاثة أفران منها موضحة بجداول (٣) .

جدول (٣)

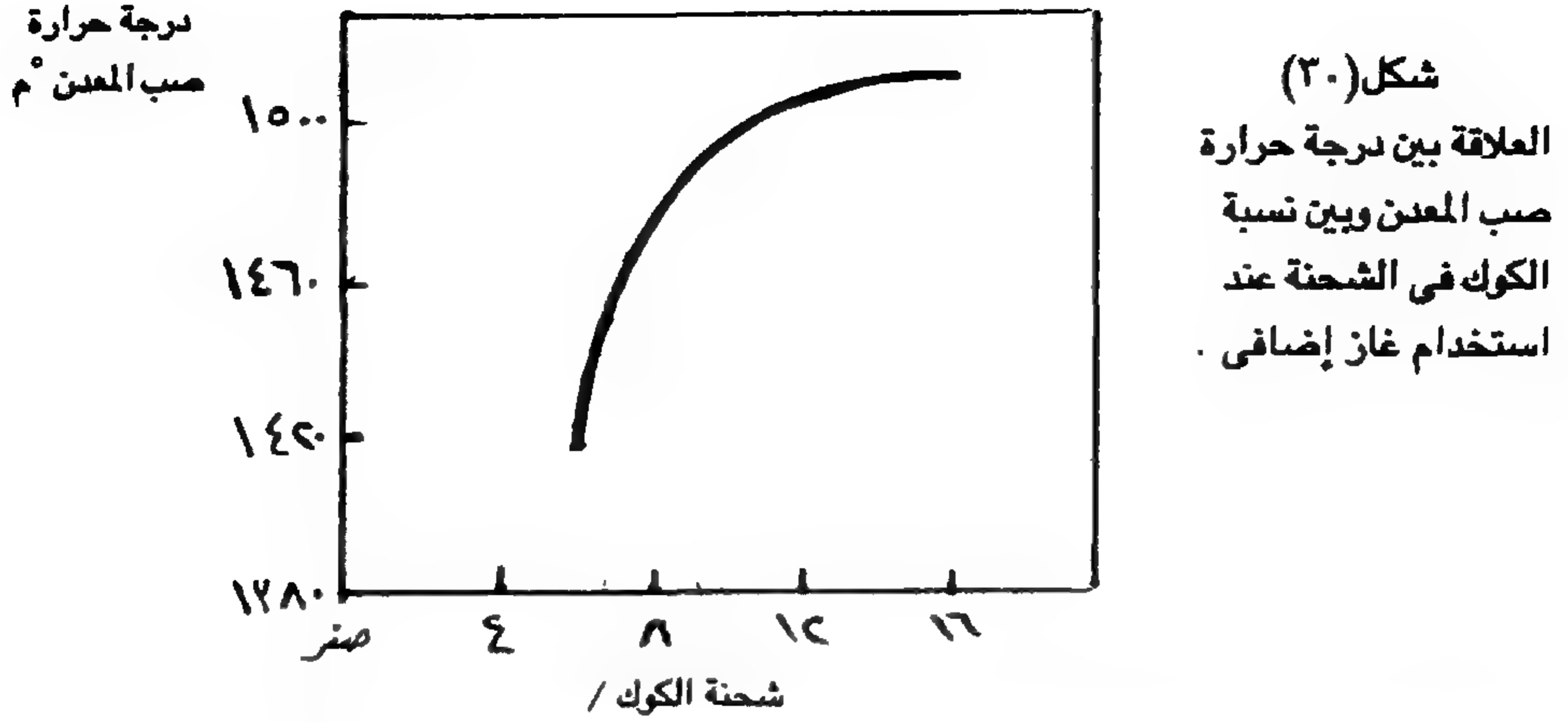
التشغيل بالكوك والغاز					التشغيل بالكوك فقط				
رقم الفرن	قطر الفرن مم	نسبة الكوك %	كوك جرام / طن	معدل الصهر طن / ساعة	نسبة الكوك %	كوك جرام / طن	معدل الصهر طن / ساعة	الاجمالي جرام / طن	غاز جرام / طن
١	٦١٠	١٢,٩	٣,٩٠	١,٨٣	٧,١	٢,١٤	١,٢٤	٣,٢٨	٢,٢٨
٢	٧٦٠	١٠,٤	٣,١٤	٣,٣٠	٥,٥	١,٦٦	١,٠٤	٢,٧٠	٤,٠
٣	٩١٤	١٢,٥	٣,٧٨	٥,٥٩	٧,٥	٢,٢٧	١,١٤	٣,٤١	٧,٠

وفى المسابك الثلاثة كان الدخل الحرارى Thermal Input لكل طن منتج من الحديد الزهر أقل من المعدل العادى . وحيث إن سعر الغاز أقل نسبياً من سعر الكوك ؛ وبناءً على ذلك حدث توفير ملحوظ فى تكاليف الوقود بصورة عامة . وفى نفس الوقت فإن هذه الأفران التى حدث فيها توفير فى تكاليف الوقود ، لوحظ أن درجة حرارة المعدن الخارج من فتحة البزل انخفضت بصورة نسبية ، وأصبحت تتراوح بين ١٣٨٠ - ١٤٢٠ م° .

#### الابحاث فى ألمانيا :

وقد أجريت فى ألمانيا بحوث على فرن دست قطره الداخلى ٨٠ سم ومزود بأربع وبنات للهواء بالإضافة إلى ستة ولاعات للغاز . وتم إجراء التجارب على تشغيل الأفران بالطريقة المعتادة مع استعمال شحنة كوك بنسبة ١٥٪ فى التجربة الأولى . أما من التجارب التالية فقد تم خفض كمية الفحم وزيادة الغاز ، بحيث تتساوى القيمة الحرارية لكمية الفحم والغاز فى التجارب التالية مع القيمة الحرارية لشحنة الفحم فى التجربة الأولى Equivalent Thermally فى ظروف التشغيل العادية .

ونتائج هذه التجارب موضحة فى شكل (٣٠) وتبين أنه كلما زاد إحلال كمية من الغاز مكان الفحم الكوك ( مع تساوى القيمة الحرارية الإجمالية ) فإنه مع زيادة كمية الغاز تقل درجة حرارة المعدن عند فتحة البزل بصورة بسيطة حتى تصل نسبة الكوك إلى ٩٪ أما تحت هذه النسبة فإن انخفاض درجة حرارة المعدن يصبح سريعاً جداً .



ويمكن إجمال النتائج التي تم الحصول عليها فيما يلي :

١- إذا كانت درجة حرارة المعدن ١٤٨٠°م تعتبر درجة كافية ومناسبة وناجحة من شحنة الكوك بنسبة ١٥٪ ، يمكن خفضها بنسبة ٤٠٪ لتصل إلى شحنة كوك بنسبة ٩٪ من إجمالي الشحنة ، وذلك ليحل محلها الغاز الطبيعي بدون حدوث انخفاض لدرجة حرارة المعدن المطلوبة .

٢- إن الدخل الحراري للغاز الطبيعي يكافئ حوالي ١,٩٦ جرام . جول / طن .

٣- إن نسبة الكوك تنخفض من ٣,٦٪ إلى ٣,٤ - ٣,٥٪ وتنخفض نسبة السيليكون من ١,٨٣٪ إلى ١,٧٥٪ كما تنخفض نسبة الكبريت بنسبة حوالي ٠,١٣٪ ، وذلك عند استخدام كوك بنسبة ٩٪ بدلاً من ١٥٪ بالإضافة إلى استخدام الغاز الطبيعي .

وقد تطابقت النتائج في جميع التجارب التي تم إجراؤها في بريطانيا . أما في الأفران التي تستهلك نسب منخفضة من الكوك بنسبة من ٥,٥٪ إلى ٧,٥٪ فإن الانخفاض في درجة حرارة المعدن يكون أكبر ، وذلك بالمقارنة بنتائج التجارب التي جرت على الأفران الألمانية وقد اتضح ان استهلاك الغاز في الأفران الإنجليزية الثلاثة كان أقل مما هو مسجل في التجارب الألمانية .

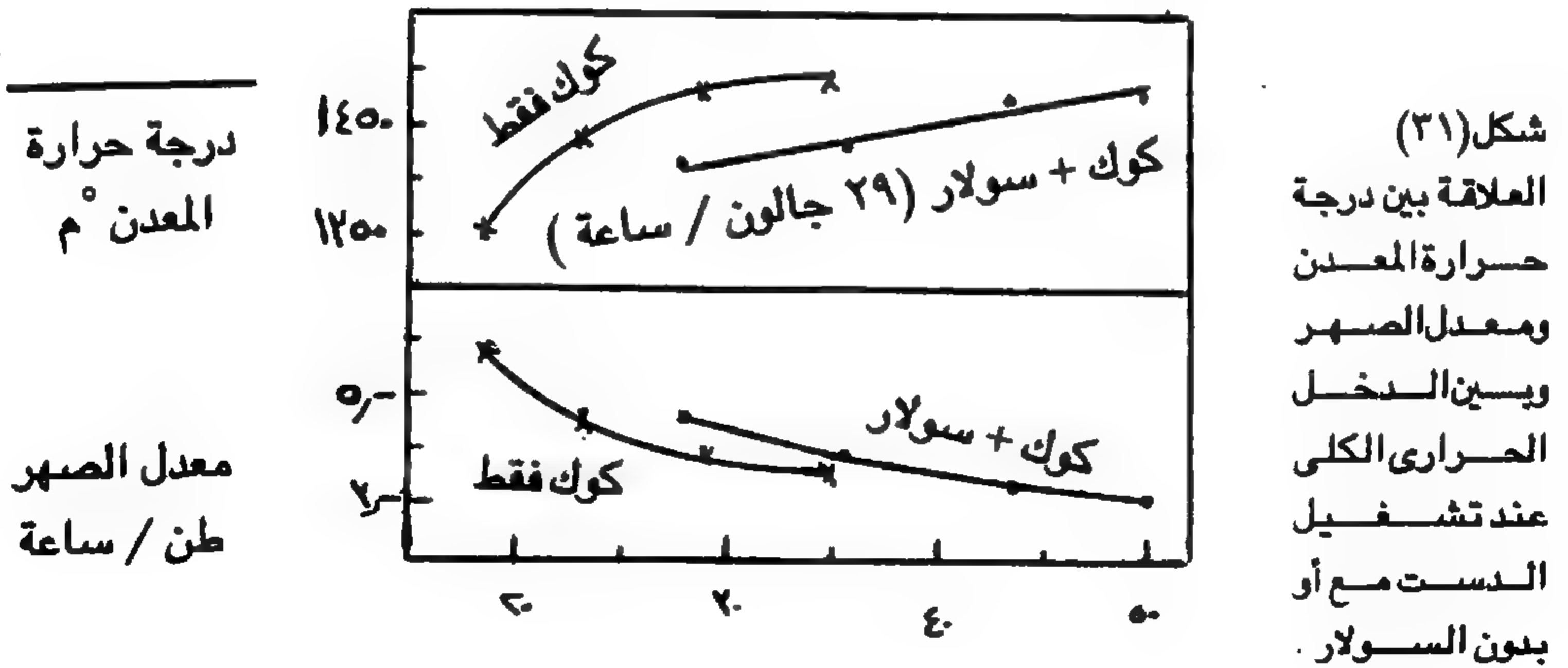


## تشغيل أفران الدست باستخدام المازوت فى بكيرا BCIRA

أجريت بعض التجارب على فرن دست قطره ٧٦٠ مم وذلك لإختبار مدى إمكانية استخدام وقود إضافى فى الأفران . وقد أجريت التجارب باستخدام كوك بنسب تتراوح بين ٦٪ ، ١٢٪ من وزن شحنة الخام مرة باستخدام المازوت ومرة بدون استخدامه . وكان معدل احتراق المازوت حوالى ١٣٢ لتر / ساعة ( ٢٩ جالون / ساعة ) وكان معدل الهواء الكلى ثابتاً وهو حوالى ٤٢,٨ متر / دقيقة ( طبقاً للظروف القياسية للضغط ودرجة الحرارة ) وفى الحالة التى تم فيها استخدام كوك بنسبة ٦٪ أدى استخدام المازوت إلى زيادة درجة الحرارة ولكن عند استخدام كوك بنسبة ٨٪ أو نسبة أكبر منها مع تقليل المازوت فإن درجة الحرارة تقل . وعلى أية حال فإن استخدام المازوت مع كوك بنسبة ٦٪ كان يؤدى ذلك إلى انخفاض نسبى لدرجة الحرارة لتصل إلى ١٤١٥°م وكان استهلاك الوقود يعادل حوالى ١,٠٥ جرام . جول . ولهذا فإن عملية تشغيل الدست باستخدام المازوت كانت

طن

تشابه فى نتائجها مع الأفران الثلاثة التى تعمل بالغاز الطبيعى والكوك والتى سبق الحديث عنها . وفى حدود التجارب التى أجريت فى بكيرا لاستخدام المازوت فى أفران الدست فإنه ليس من الواضح ماهى حدود كمية الفحم الكوك التى يمكن خفضها فى هذه الأفران دون حدوث انخفاض فى درجة حرارة المعدن .



الدخلى الحرارى لكل طن من المعدن

وشكل (٣١) يوضح العلاقة بين كل من درجة حرارة المعدن ومعدل الصهر وبين الدخل الحرارى الكلى لكل طن منتج من الحديد الزهر ، عند استخدام الكوك فقط مرة وعند استعمال الكوك والمازوت مرة أخرى . ومن الواضح أن إجمالى الدخل الحرارى المطلوب ( للحصول على درجة الحرارة المطلوبة ) يكون غالباً فى حالة استخدام المازوت والكوك ، وهذه المعلومة تعتبر صحيحة حتى فى حالة استخدام كوك بنسبة تقل عن ٨٪ من وزن الشحنة .

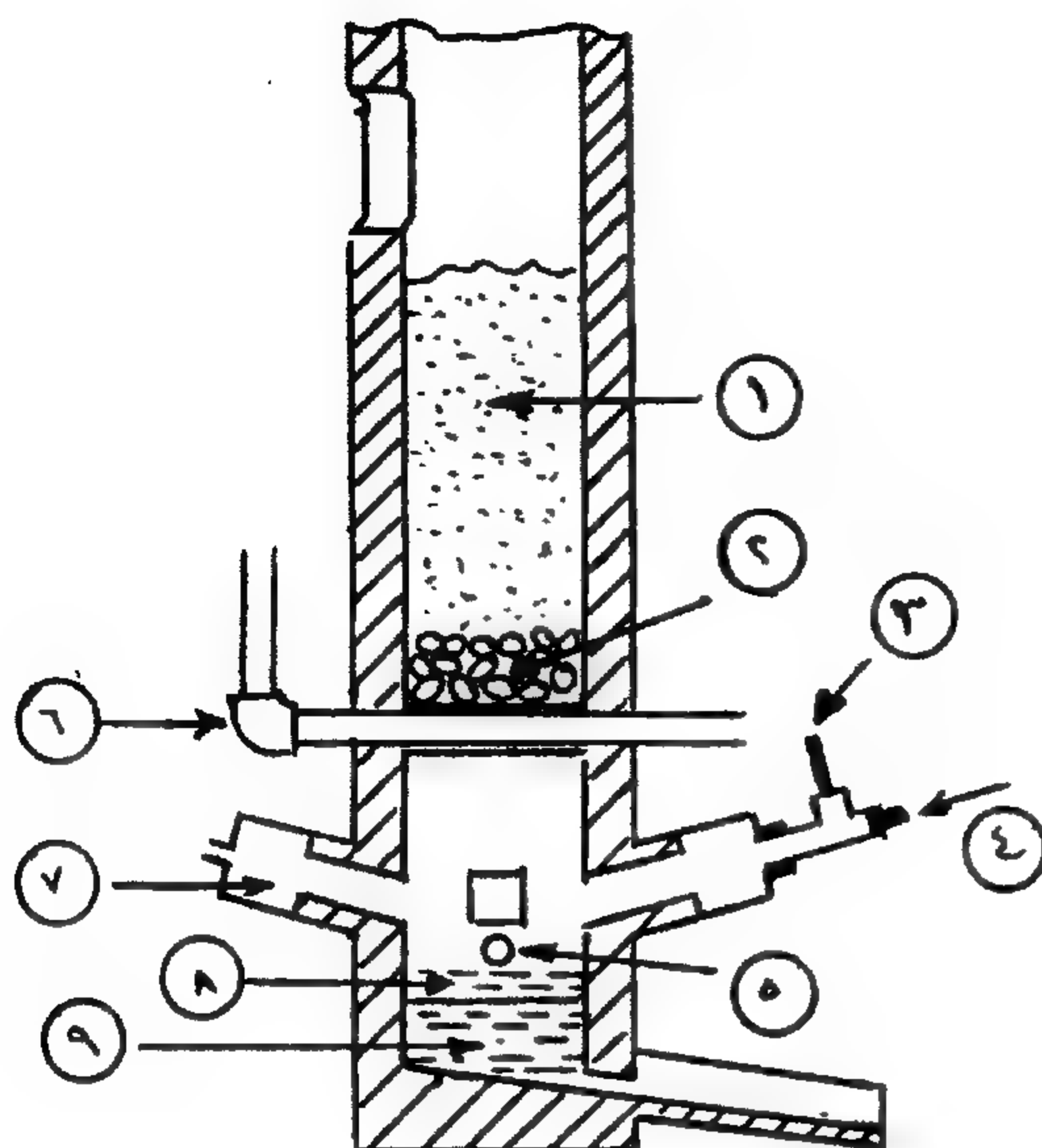
### محاولات استخدام غاز أفران الكوك كوقود مساعد Trials with Coke Oven Gas as Supplementary Fuel

جرت عدة تجارب لاستخدام غاز أفران الكوك كوقود إضافى . وفى هذه التجارب كان مطلوب الحصول على درجة حرارة عالية للمعدن . وكانت الشحنة تتكون غالباً من خرقة الصلب وإضافات من السبائك الحديدية . وكان المعدن الناتج تتم معالجته بواسطة كربيد الكالسيوم أو مواد كربنة Carburizing Agent وذلك فى بوتقة ذات سداة منفذة -Porous Plug ladle ، وذلك لإنتاج حديد زهر بطريقة تخليقية Synthetic Pig Iron .

وهذه المحاولات لاستبدال جزء من الكوك بكمية أخرى من الغاز مساوية لها فى المكافئ الحرارى Thermal Equivalent لم تكن محاولات ناجحة ، حيث لوحظ انخفاض واضح لدرجة حرارة المعدن وانخفاض نسبة الكربون المكتسبة مع زيادة فى نسبة الفقد فى السيليكون .

بينما جاءت من فرنسا بعض النتائج المشجعة فى حالة استعمال غاز أفران الكوك كوقود مساعد فى أفران الدست . وعلى أية حال فإن استخدام أنواع الوقود الهيدروكربونية كإتواع مساعدة وبديلة لإستعمال الكوك فى الأفران ، أصبح من الأمور التى لها مكانة مهمة خصوصاً فى حالة توافر هذه الأنواع من الوقود بأسعار معقولة .

وفى بريطانيا ودول أخرى تتغير وتتبدل الأسعار بدرجة متفاوتة ، مما أدى إلى تعطيل وتأخير إمكانية استخدام الغاز والمازوت كوسائل لتخفيض استهلاك الكوك ولتخفيض التكاليف فى أفران الدست ، خصوصاً بعد ظهور فرن الدست ذات الهواء المقسم .



شكل (٣٢)

- ١ - خامات الشحنة
- ٢ - فرشاة حرارية
- ٣ - مدخل الهواء
- ٤ - مدخل الغاز
- ٥ - مستوى حقن الجرافيت
- ٦ - شبكة مبردة بالمياه
- ٧ - ولاعات
- ٨ - خبث
- ٩ - معدن منصهر

شكل (٣٢) منظر عام لفرن كوكلس

## ٥ - أفران الدست التى تعمل بدون استخدام كوك ( كوكلس ) The Cokeless Cupola

إن السمات البارزة لأفران الكوكلس والتي ظهرت فى مصانع Hayes Shell Cast LTD مبنية فى شكل (٣٢) . وفى هذه الأفران يتم تحميل الخامات المشحونة على فرشاة من الحرارية على شبكة مواسير مبردة بالمياه ، بدلاً من تحميلها على فرشاة من فحم الكوك المشتعل . ويتم تشغيل الولاعات بواسطة الغاز أو المازوت . وقد أثبتت التجارب أن التشغيل باستخدام المازوت يعطى درجة حرارة أعلى للمعدن .

ولتعويض النقص فى الكربون وإنتاج حديد زهر يحتوى على نسبة عالية ومناسبة من الكربون فإنه يتم حقن الفرن بمواد كربنة Carburizer أسفل مستوى الولاعات مباشرة ولكن



فوق مستوى الجليخ ، ومصاريف الوقود فى مثل هذا الفرن تعتبر قليلة نسبياً ، ولكن يقابلها فى نفس الوقت ارتفاع مصاريف فرشاة الحرارية ومواد الكرينة المطلوبة لإنتاج الزهر .

أنواع الوقود الغازى أو البترولى الخفيف تحتوى على نسبة منخفضة من الكبريت وتؤدى إلى إنتاج حديد زهر يحتوى على نسبة كبريت فى حدود ٠,٠٢ - ٠,٠٣ ٪ والذي ينصح باستخدامه فى إنتاج الحديد الزهر الكروى Nodular (SG) Iron . ومن أهم مزايا أفران الكلوكلس هو انخفاض كمية المقنوفات التى تخرج من مدخنة الفرن ، وقد أثبتت ذلك الاختبارات .

## ٦ - استعمال كربيد الكالسيوم فى أفران الدست

### The Use of Calcium Carbide

إن النوع الأيوتكتيكي من كربيد الكالسيوم والمحتوى على ٧٢ ٪ من كربيد الكالسيوم ، والذي يشبه النوع الأيوتكتيكي من الجير وكربيد الكالسيوم ينصهر عند حوالى ١٦٢٠°م وهو ذات درجة حرارة انصهار أكثر انخفاضاً من الكربيد التجارى ، يعتبر هو الصنف المناسب لاستعماله فى أفران الدست .

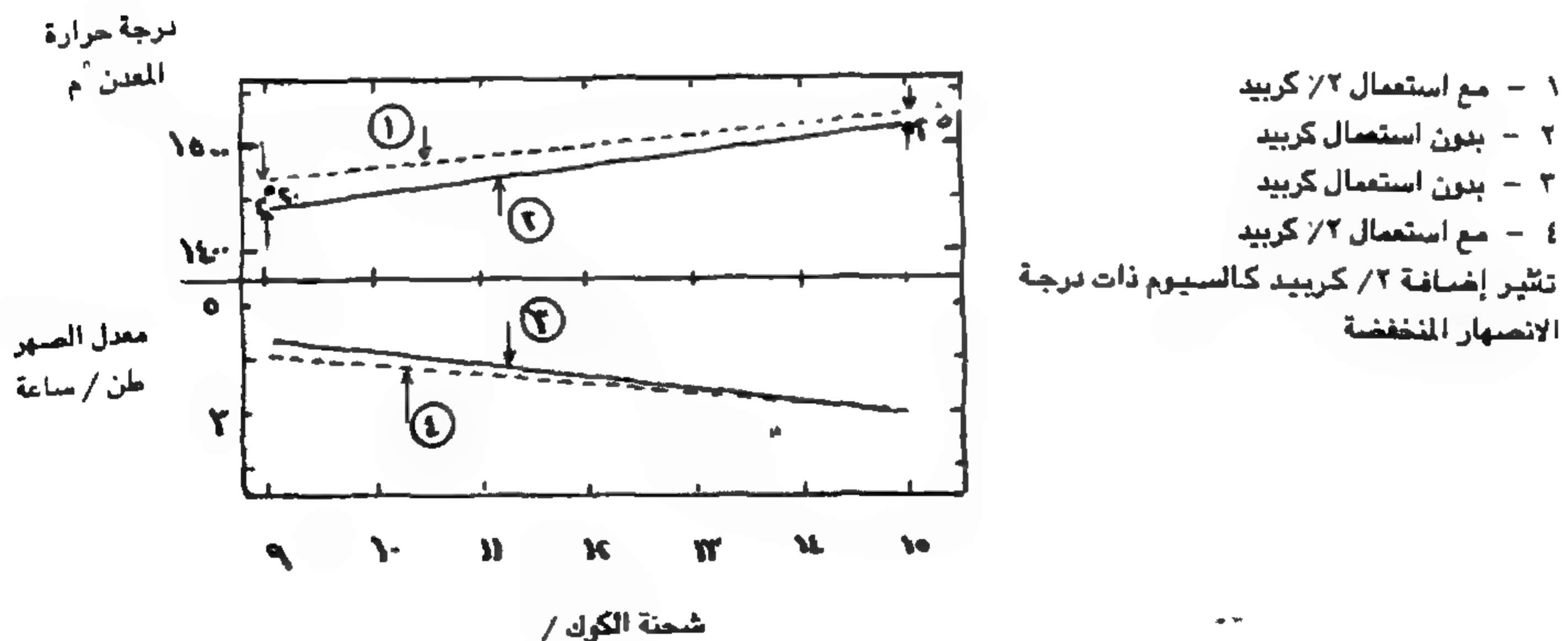
ويضاف كربيد الكالسيوم إلى فرن الدست كعامل إضافى ومكمل Supplement للحجر الجيرى Limestone . أو الدولوميت Dolomite . وأثناء عملية الحريق يتحد كربيد الكالسيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد كالسيوم وثانى أكسيد الكربون ويدخل أكسيد الكالسيوم فى تركيب الخبث ، حيث يكون له تأثير واضح فى إزالة الكبريت -Desulphurizing عندما تزيد قاعدية الخبث Slag Basicity ؛ بالإضافة إلى هذا فإن هذا التفاعل يكون طارداً للحرارة بشدة Strongly Exothermic وهذا بالتالى يؤدى إلى زيادة درجة حرارة المعدن ونسبة الكربون المكتسب أيضاً . ويحبذ استعمال كربيد الكالسيوم عند استخدام نسبة عالية من الخرقة أو الصلب أو كوك من النوع الرديئ . وعند إنتاج حديد زهر كروى Nodular Iron من أفران الدست الحامضية Acid Cupola . ومن مزايا كربيد الكالسيوم الخاصة هى التحكم فى الخبث المطلوب بدرجة لائقة مع إعطاء درجة حرارة جيدة فى بداية تشغيل الفرن .

وشكل رقم (٣٣) يوضح نتائج بعض الأبحاث التى أجريت على بعض أفران الدست

فى بكيرا . وقد أظهرت النتائج تأثير إضافة كربيد الكالسيوم بنسبة ٢٪ إلى شحنة الفرن وتأثيره على كل من درجة حرارة المعدن ومعدل الصهر بالمقارنة بظروف التشغيل العادى . واتضح أنه عن إضافة ٢٪ كربيد كالسيوم مع استعمال شحنة كوك بنسبة ١٦.٥٪ فإن درجة حرارة المعدن تزيد بمقدار ٥٠م بينما لايتأثر معدل الصهر تأثيراً ملحوظاً ، وعند استعمال شحنة كوك بنسبة ١٠٪ فإن إضافة كربيد الكالسيوم يزيد درجة حرارة المعدن بمقدار ٢٠م ويخفض معدل الصهر بمعدل بسيط حوالى ٢.٦٪ .

إن إضافة كربيد الكالسيوم ليس له تأثير يذكر على نسب العناصر فى المعدن مثل الكربون والسيليكون والمنجنيز والفوسفور ؛ بينما تنخفض نسبة الكبريت بنسبة ٠.٠١٪ وبناءً على النتائج المستفادة وجد أن مزايا استعمال كربيد الكالسيوم ذى درجة الانصهار المنخفضة ذات فوائد محدودة نسبياً بالمقارنة مع مصاريف استخدامه .

وفى وقتنا هذا تدعى بعض المسابك بأن مصاريف استخدام كربيد الكالسيوم يمكن تدبيرها فى مقابل بعض الاعتبارات الاقتصادية والفنية . لكن بعض المسابك الأخرى تتنازل عن استعماله بعد محاولات البحث والتجربة . وكربيد الكالسيوم قد يتواجد فى الأسواق جاهزاً ومعبأ فى براميل صلب أو أكياس بلاستيك ، وذلك للاستعمال المباشر فى أفران الدست .



شكل (٣٣)

## الباب السادس

### استعمال الأكسجين فى أفران الدست

### Use of Oxygen in the Cupola

إن التأثيرات الحرارية والميتالورجية المفيدة لاستعمال الأكسجين فى أفران الدست معروفة منذ سنوات طويلة ، لكنها ولزمن قريب لم يكن استعمال الأكسجين ذات انتشار واسع بسبب عدم تناسب فوائده مع إرتفاع مصاريف استخدامه . وفى بعض الظروف القليلة التى يستخدم فيها الأكسجين ؛ حيث كان يستخدم عادة كفترات علاجية فى بداية تشغيل الأفران بعد التوقفات المتتالية ، أو كمحاولة سريعة لاستعادة المعدن لدرجة حرارته المطلوبة . وفى السنوات الأخيرة زادت أسعار خامات الكوك وزهر التماسيح والسبائك الحديدية زيادة واضحة جداً ، لكن أسعار الأكسجين أرتفعت بدرجة أقل نسبياً ، ولهذا السبب تزايد الطلب على استعمال الأكسجين بصورة متزايدة . وعلى حين أنه منذ سنوات قليلة لم يكن استعمال الأكسجين اقتصادياً ؛ أما الآن فيمكن استخدامه فى المسابك بصورة اقتصادية .

### فوائد استعمال الأكسجين Benefits of Using Oxygen

يمكن استعمال الأكسجين بصورة مستمرة أثناء التشغيل أو بصورة متقطعة تماماً .

### الاستعمال بالطريقة المستمرة Continuous Use

بالمقارنة مع طريقة التشغيل المعتادة فإن استخدام الأكسجين يؤدي إلى :

- ١- زيادة درجة حرارة المعدن وزيادة نسبة الكربون المكتسب Pick up وانخفاض الفقد فى السيليكون لنفس الشحنة المستهلكة من الكوك . وارتفاع نسبة الكربون المكتسب يؤدي بالتالى إلى امكانية خفض تكاليف شحنة الخامات ، حيث يمكن استبدال شحنة زهر التماسيح بشحنة أخرى من خامات أقل تكلفة مثل خرده الزهر أو خرده الصلب كما أن انخفاض الفقد فى السيليكون أثناء تشغيل الفرن يؤدي إلى خفض استهلاك السيليكون وتخفيض إجمالى التكلفة .



٢- إنخفاض فى استهلاك الكوك وبالتالي مصاريف الوقود ، إذا كان المطلوب هو الحصول على نفس درجة حرارة المعدن بدون زيادة وبدون زيادة الكربون المكتسب ، وبدون انخفاض نسبة الفقد فى السيليكون .

٣- زيادة معدل الصهر .

٤- الوصول إلى درجة حرارة المعدن المطلوبة فى زمن قليل وبسرعة فى بداية تشغيل الفرن وبعد فترات التوقف Shut-down Periods .

### الاستعمال بالطريقة المتقطعة Intermittent Use

ويمكن استعمال الأكسجين بطريقة متقطعة لتحقيق الهدف التالى :

١- للحصول على درجة الحرارة المطلوبة للمعدن عند فتحة البزل فى وقت أسرع عند بداية الصهر أو بعد حدوث توقف مفاجئ Shut Down ، وبهذا تقل كمية المعدن التى قد تصب على شكل تماسيح Metal Pigged أو من ناحية أخرى لتقليل حدوث عيوب السباكة ، التى يكون سببها استعمال معدن بارد .

٢- للحصول على معدل صهر مرتفع فى فترات قصيرة .

### طرق استعمال الأكسجين Methods of Using Oxygen

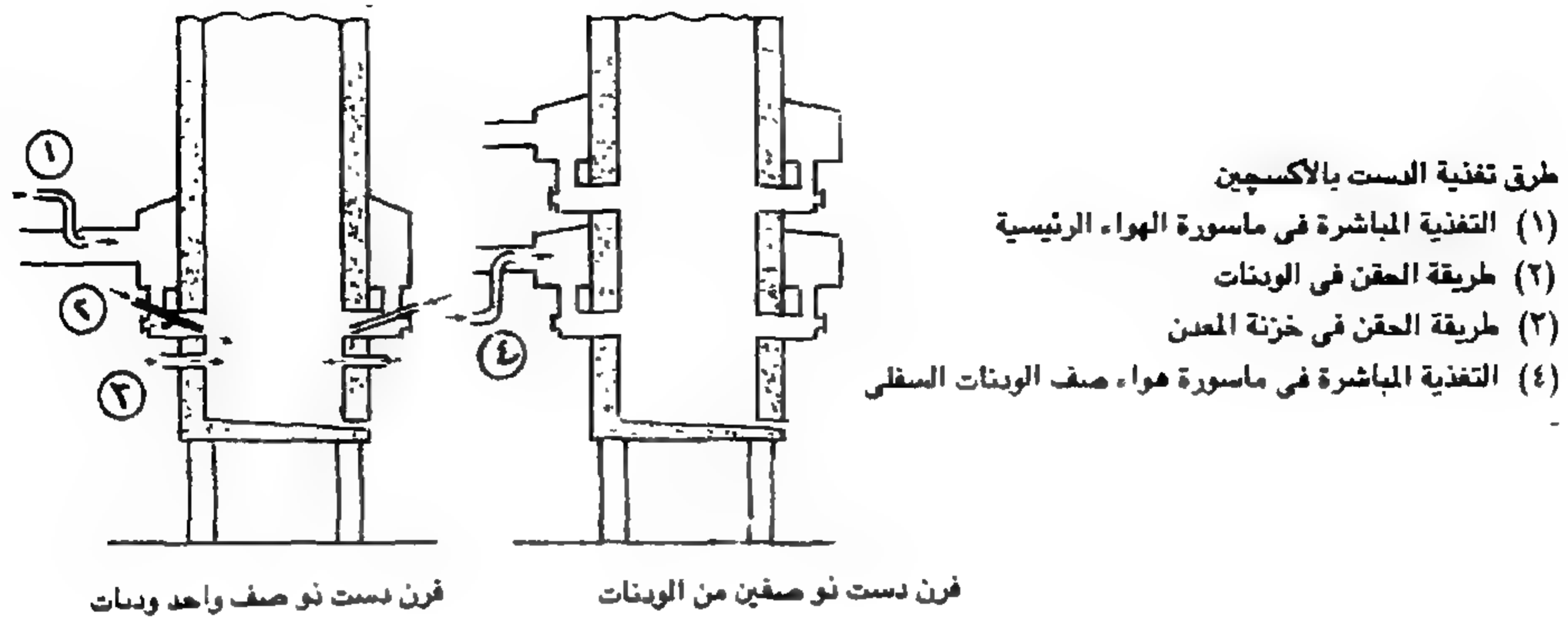
هناك ثلاث طرق لإمداد فرن الدست بالأكسجين كما هو موضح بشكل (٣٤) :

١- الطريقة الأولى : بدفع الأكسجين مع هواء المروحة Direct Enrichment of the Blast

وهذه هى أبسط طريقة وتعتبر هى أقل طريقة من ناحية التكاليف والمعدات المستخدمة والصيانة . ويتم تغذية الأكسجين من خلال الماسورة الرئيسية لهواء المروحة ، حيث يختلط مع الهواء قبل دخوله إلى فرن الدست عن طريق الودنات .

٢- الطريقة الثانية : الحقن فى الخزنة Injection into the Well

يتم حقن الأكسجين فى فرشاة الكوك أسفل الودنات عن طريق حاقنات مبردة بالمياه Water-Cooled Injectors ، وموضوعة فى بطانة الفرن ويتم تغذية الحاقنات عن طريق ماسورة رئيسية دائرية Ring Main . ويعتمد عدد أجهزة الحقن على حجم الفرن .



شكل (٣٤)

واستخدام هذه الطريقة تعتبر أكثر كفاءة من الطريقة الأولى . ويتم استخدام هذه الطريقة في الأفران التي يكون فيها الصب مستمراً ؛ أما الأفران ذات الصب المنقطع فيكون هناك خطورة بسبب احتمالية ارتفاع مستوى الجليخ أو المعدن ووصول أحدهما إلى الحاققات In-jectors وحتى في حالة الصب المستمر فإن هذا الخطر يعتبر من المشاكل القائمة أيضاً .

### ٣- الطريقة الثالثة : الحقن في الوديات Injection at the Tuyeres :

ويتم حقن الأكسجين عن طريق حاققات موضوعة داخل الوديات نفسها ، وهذه الطريقة تعتبر ذات تأثير متوسط بين الطريقتين الأولى والثانية ، وتتعرض الحاققات لتأثير الحرارة المشعة من فرشاة الكوك أثناء فترات توقف مروحة الهواء ، وتصنع هذه الحاققات عموماً من مواسير مصنوعة من الصلب الذي لا يصدأ Stainless Steel .

## تأثيرات الأكسجين على أفران الدست العادية والأفران ذات الهواء المقسم

### Effects of Oxygen in Conventional and Divided Blast Cupola Operation

إن حدوث تطور مهم في أفران الدست ، وذلك بظهور الأفران ذات الهواء الموزع ، حيث يتم توزيع الهواء خلال صفين من الودنات موضوعين بطريقة صحيحة بالنسبة لبعضهما البعض ، ويتم تقسيم الهواء بين الصفين بالتساوي . وحالياً قام أكثر من مائة مسبك في بريطانيا وبول أخرى بتحويل أفران الدست المعتادة إلى أفران ذات صفين من الودنات ( هواء موزع ) أو بناء أفران جديدة من هذا النوع بهذه الطريقة الحديثة ، بهدف تشغيل الأفران بطريقة أكثر اقتصادية وأكثر كفاءة .

وقد قامت بكيرا بإجراء بحث استهدف دراسة تأثير استعمال الأكسجين في الأفران العادية وأفران الهواء المقسم مع وضع الأساس لتقييم أكثر الطرق اقتصادية وأكثرها سهولة في تطبيقها عند تشغيل الأفران ذات الهواء البارد باستخدام العديد من الطرق الممكنة . ولهذا السبب فقد كان استعمال الأكسجين يتم بالطرق التالية في الأفران العادية والحديثة كما يلي :

- ١- تغذية الأكسجين بواسطة ماسورة الهواء الرئيسية مباشرة .
- ٢- حقن الأكسجين من خلال مواسير موضوعة داخل الودنات .
- ٣- حقن الأكسجين في خزنة الفرن well وعلى مسافات مختلفة أسفل الودنات .

### ظروف الاختبارات Tests Conditions

تم إجراء الاختبارات على فرن دست قطره الداخلى ٧٦ سم بمعدل هواء حوالى ٤٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة ( ١٦٠٠ قدم / دقيقة ) . وهذا يعنى أنه فى الحالة التى لم يستعمل فيها الأكسجين كان معدل الهواء العادى ٤٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة . أما فى الحالة التى كان يستعمل فيها الأكسجين فإن كمية الأكسجين الإجمالية ( والتى كانت على صورة هواء مروحة أو أكسجين إضافى ) كانت تعادل كمية الأكسجين الموجودة فى كمية هواء مروحة بمعدل ٤٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة . وفى هذه الحالة فإن معدل الهواء الحقيقى يصبح أقل من المعدل العادى .



وكانت كمية الأكسجين المستعملة تكافئ الكمية المطلوبة لرفع نسبة الأكسجين في هواء المروحة بنسبة ٤٪ بحيث ترتفع نسبة الأكسجين في هواء المروحة من ٢١٪ إلى ٢٥٪ وجدول رقم (٤) يوضح معدلات تدفق الهواء ومعدلات الأكسجين أثناء التشغيل :

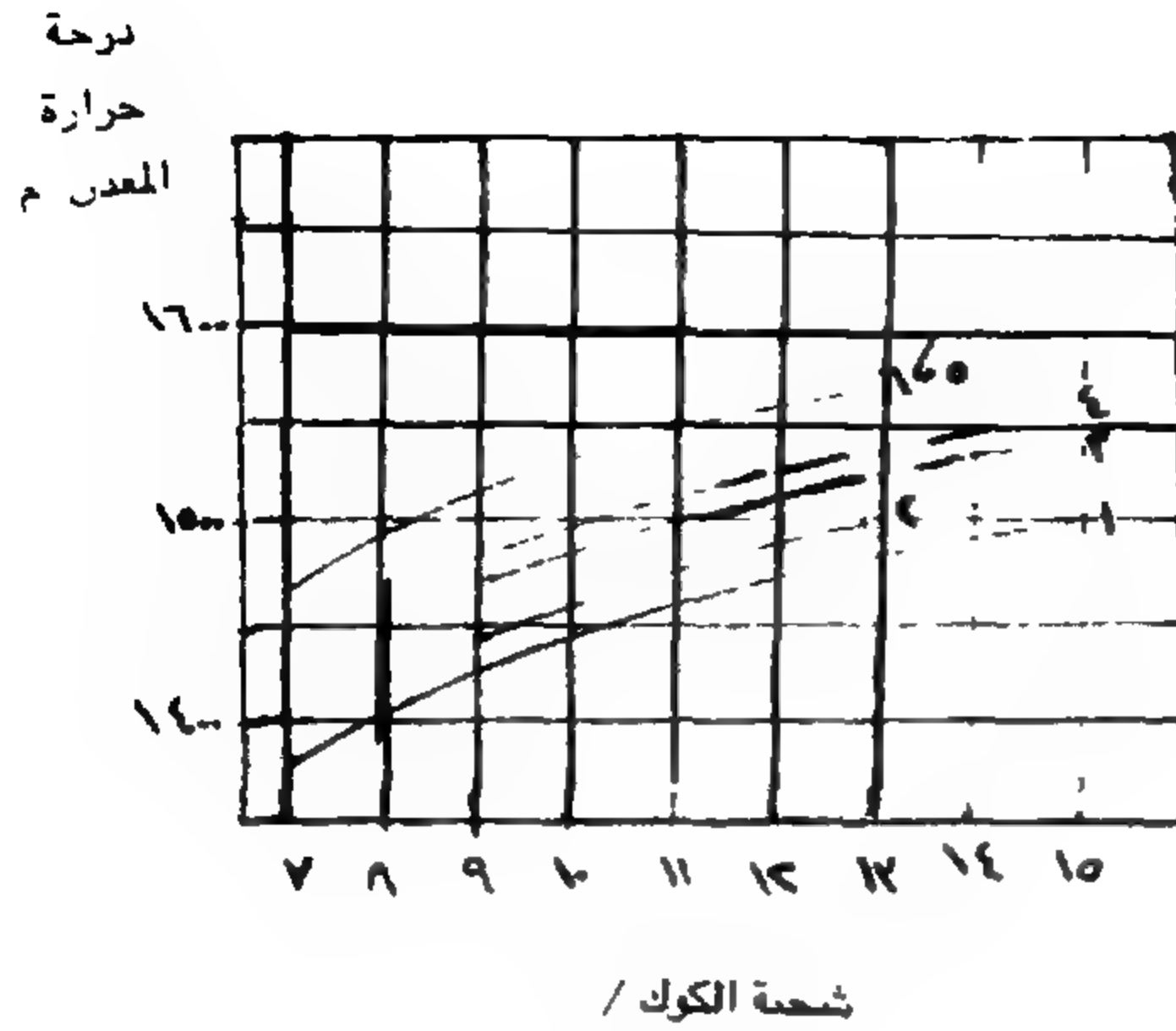
البيان		بدون أكسجين		باستخدام أكسجين	
		م <sup>٣</sup> /دقيقة	قدم <sup>٣</sup> /دقيقة	م <sup>٣</sup> /دقيقة	قدم <sup>٣</sup> /دقيقة
معدل تدفق الهواء م <sup>٣</sup> /دقيقة ( قدم <sup>٣</sup> /دقيقة )		٤٥	١٦٠٠	٣٦	١٢٧٦
كمية الأكسجين في الهواء م <sup>٣</sup> /دقيقة ( قدم <sup>٣</sup> /دقيقة )		٩.٥	٣٣٦	٧.٦	٢٦٨
النيتروجين في الهواء م <sup>٣</sup> /دقيقة ( قدم <sup>٣</sup> /دقيقة )		٣٦	١٢٦٤	٢٨.٥	١٠٠٨
الأكسجين الإضافي م <sup>٣</sup> /دقيقة ( قدم <sup>٣</sup> /دقيقة )		٠٠	٠٠	١.٩	٦٨
إجمالي الأكسجين م <sup>٣</sup> /دقيقة ( قدم <sup>٣</sup> /دقيقة )		٩.٥	٣٣٦	٩.٥	٣٣٦
نسبة الأكسجين في الهواء ٪ بالحجم		٢١	٢١	٢٥	٢٥

جدول رقم (٤-١)

## نتائج الاختبارات Results of tests

أولاً : في حالة التشغيل العادي :

شكل رقم (٣٥) يوضح العلاقة بين شحنة الكوك ودرجة حرارة المعدن عند التشغيل باستخدام الأكسجين أو بدون استخدام الأكسجين وبالطرق المختلفة التي سبق شرحها . وعند تشغيل الفرن مع استعمال كوك بأي نسبة مع زيادة نسبة الأكسجين في هواء المروحة بنسبة ٤٪ فإن درجة حرارة المعدن تزيد بمقدار ١٥°م وإذا تم حقنه في الودنات تزيد درجة حرارة المعدن بمقدار ٤٠°م وإذا تم حقنه في الخزنة وتحت الودنات بمسافة حوالى ٢٣ سم تزيد درجة حرارة المعدن بمقدار ٥٠°م ؛ أما إذا كانت المسافة ٦١ سم أو ٩١ سم أسفل مستوى الودنات فإن درجة حرارة المعدن تزيد بمقدار ٨٥°م . ولجعل عملية حقن الأكسجين ممكنة على عمق ٦١ سم ، ٩١ سم من الودنات فإنه تم تثبيت أماكن أجهزة الحقن مع رفع الودنات إلى المسافة المطلوبة .



شكل (٣٥)  
عند تشغيل فرن الدست العادي - العلاقة بين شحنة الكوك  
وبدرجة حرارة المعدن توضح تأثير الطرق المختلفة لتغذية الدست  
بالأكسجين .

- ١ - بدون أكسجين
- ٢ - تغذية الأكسجين في ماسورة الهواء الرئيسية
- ٣ - حقن الأكسجين في الودينات  
(أ) الحاقن مائل من الودنة  
(ب) الحاقن بطول محور الودنة
- ٤ - حقن الأكسجين على عمق ٢٣ سم أسفل الودينات
- ٥ - حقن الأكسجين على عمق ٦١ سم أسفل الودينات
- ٦ - حقن الأكسجين على عمق ٩١ سم أسفل الودينات

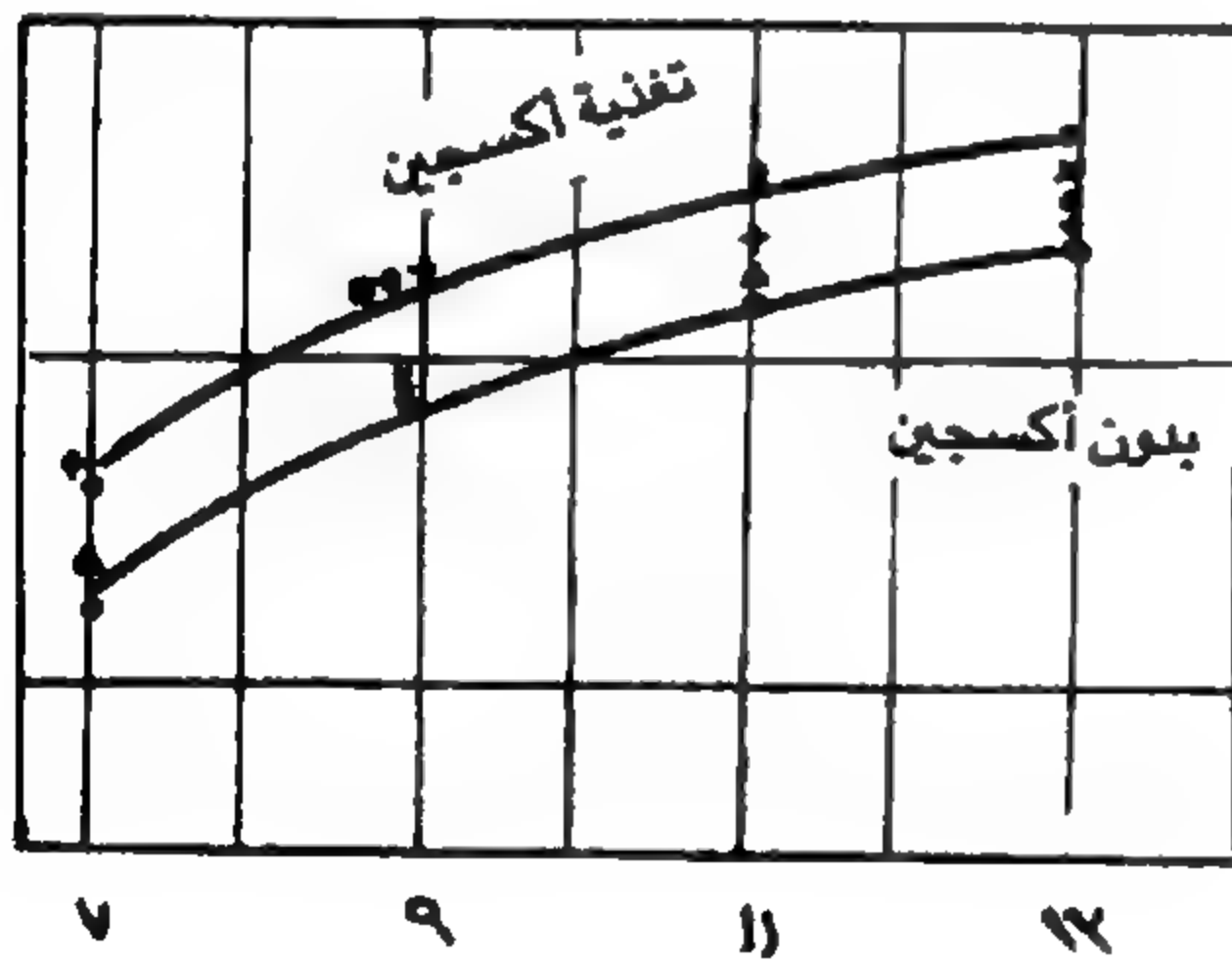
شكل (٣٥)

والمحنات الموجودة في شكل (٣٥) توضح المدى الذي يمكن فيه تخفيض استهلاك الكوك ، تبعاً لدرجة الحرارة المطلوبة للمعدن . فمثلاً بدون استخدام الأكسجين فإنه يتم شحن كوك بنسبة ١٥٪ للحصول على معدن درجة حرارته ١٥٠٠°م . وعند حقن الأكسجين في الودينات فإن نفس درجة الحرارة يمكن الحصول عليها عند شحن كوك بنسبة ٨ . ١٠٪ وإذا كان سعر طن الكوك حوالي ٨٠ جنيه استرليني فتكون قيمة الوفرة حوالي ٣,٣٦ جنيه استرليني لكل طن من الزهر المنتج . وكمية الأكسجين المطلوبة في هذه الحالة ستكون حوالي ٢٨,٤ متر<sup>٣</sup>/طن زهر ، والتي من الممكن أن يكون سعرها ٦ جنيه استرليني لكل ١٠٠ متر<sup>٣</sup> وتكون تكلفتها تمثل حوالي ١,٧٠ جنيه استرليني . وفي هذه الحالة فإن استخدام الأكسجين سيؤدي إلى وجود وفرة يمثل حوالي ١,٦٦ جنيه استرليني لكل طن معدن ( هذه القيمة كلها بالجنيه الاسترليني ) .

أما في حالة ما إذا كانت درجة حرارة المعدن ١٤٧٥°م فإن حقن الأكسجين في الودينات نفسها سوف يسمح بخفض استهلاك الكوك من نسبة ١٢٪ إلى ٩,٢٪ وهذا يوفر

حوالى ٢,١٦ جنيه استرلينى / طن واستهلاك الأكسجين فى هذه الحالة ٢٦,٢ متر<sup>٣</sup> / طن بواقع ٦ جنيه استرلينى / ١٠٠ متر<sup>٣</sup> سوف يكلف حوالى ١,٥٧ جنيه استرلينى / طن .

وهذا يعنى أننا سوف نحصل على وفر نهائى مقداره ٠,٥٩ جنيه استرلينى / طن زهر . وفى الأمثلة السابقة اعتبرنا أن سعر الأكسجين حوالى ٦ جنيه استرلينى / ١٠٠ متر<sup>٣</sup>، وهذا السعر غير ثابت ويتوقف على عدة عوامل أهمها كمية اسطوانات الأكسجين التى يتم شراؤها . فالمسابك الكبيرة يمكنها الحصول على الأكسجين بسعر أقل من المسابك الصغيرة . والسعر المتداول لاسطوانات الأكسجين يتراوح بين ٢ - ٨ جنيه استرلينى / ١٠٠ م<sup>٣</sup> وعلى الرغم من الفرق الكبير فى الأسعار فإن بعض المسابك تحصل عليه بسعر ضئيل جداً ، بينما يحصل بعض المسابك الأخرى عليه بسعر مرتفع . وبالإضافة إلى سعر شراء الأكسجين فإن بعض الشركات الموردة تفرض رسوم على شحن اسطوانات الأكسجين السائل وتخزينه وتعبئته . ومثالاً على ذلك فإن فرن دست طاقته الإنتاجية ٤ طن / ساعة يحتاج أكسجين قيمته حوالى ٤٠٠٠ جنيه استرلينى / سنة . ويجب إضافة هذه التكلفة وإدراجها فى حسابات التشغيل لبيان مدى صلاحية استعمال الأكسجين .



عند تشغيل أفران الدست ذات الهواء الموزع - العلاقة بين شحنة الكوك ودرجة حرارة المعدن نوضح تأثير الطرق المختلفة لتغذية الدست بالأكسجين

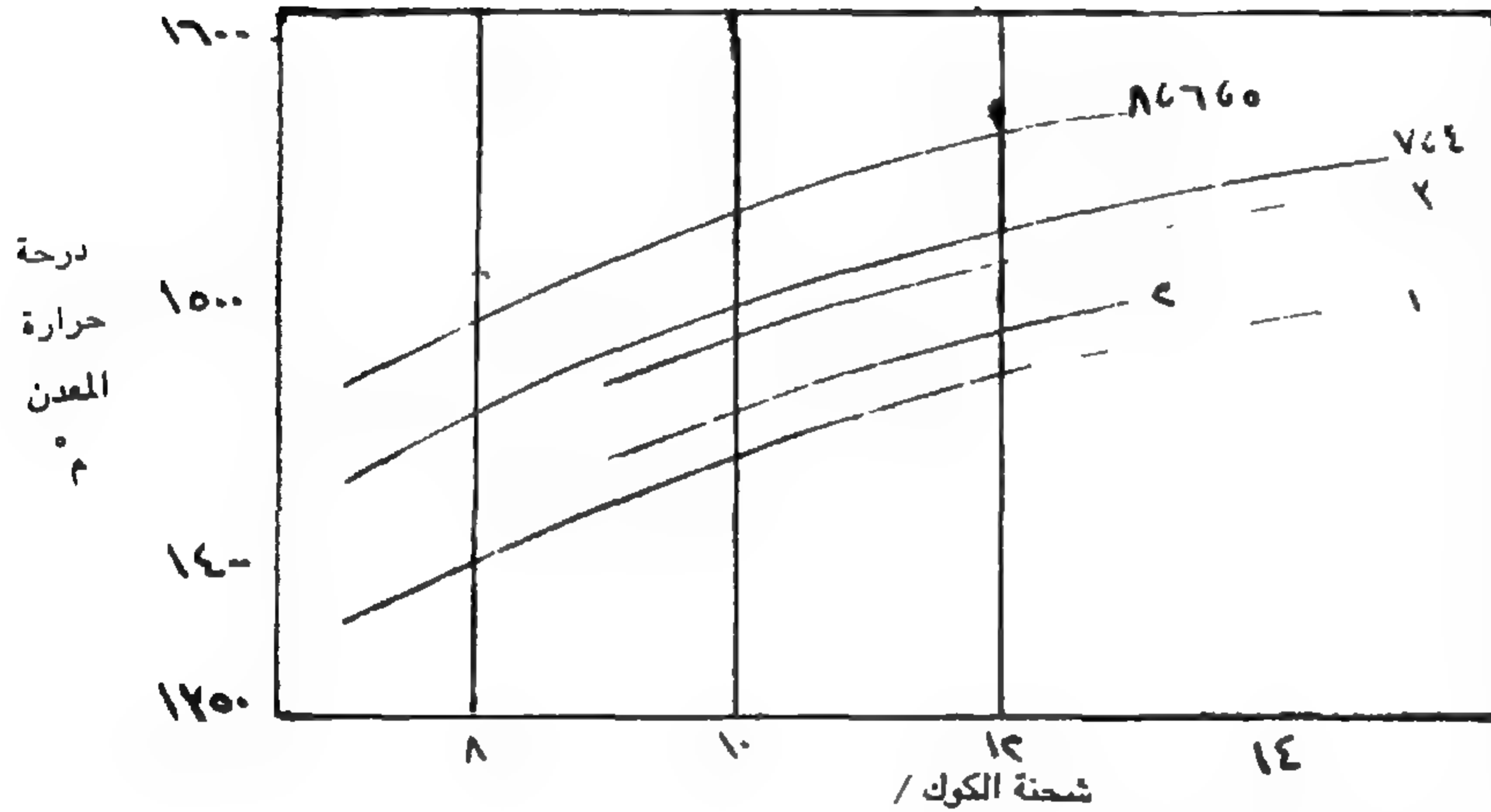
- بيون أكسجين
- △ تغذية بالأكسجين فى الصف العلوى والسفلى للوحدات
- + حقن الأكسجين على عمق ٢٣ سم أسفل الوحدات
- تغذية الأكسجين فى ماسورة الصف السفلى فقط
- × حقن الأكسجين فى وحدات الصف السفلى .
- حقن الأكسجين على عمق ٤٦ سم أسفل الوحدات .

شكل (٣٦)



## ثانياً : فى حالة تشغيل الفرن ذى الهواء المقسم :

العلاقة بين شحنة الكوك ودرجة حرارة المعدن فى هذا النوع من الأفران مع استخدام الأكسجين أو بدون استخدامه موضحة فى شكل رقم (٣٦) . وأفضل النتائج التى تم الحصول عليها هى فى الحالات التى تم فيها إدخال الأكسجين إلى الصف السفلى من الودنات فقط . إن استخدام طريقة الحقن فى الودنات أو الخزنة لاتعطى أى نتائج أفضل من هذه الطريقة البسيطة فى استعمال الأكسجين . وعند استخدام شحنة معينة من الكوك واستعمال كمية من الأكسجين الزائد تمثل ٤٪ ودفعها خلال الهواء الداخل للودنات السفلية فإن درجة حرارة المعدن تزداد بمقدار ٣٥° م .



الأفران العادية ذات الهواء الموزع - العلاقة بين شحنة الكوك ودرجة حرارة المعدن  
بوضيح تأثير الطرق المختلفة لتعدية الدست بالأكسجين

- ٥ - الحقن عند ٦١ سم أسفل الودنات ( + ٨٥° م )
- ٦ - الحقن عند ٩١ سم أسفل الودنات ( + ٨٥° م )
- فى افران الهواء الموزع
- ٧ - بدون أكسجين ( + ٥٠° م )
- ٨ - تغذية الأكسجين فى الماسورة الرئيسية ( + ٨٥° م )

- فى الأفران العادية
- ١ - بدون أكسجين
- ٢ - تغذية الأكسجين فى الماسورة الرئيسية ( + ١٥° م )
- ٣ - الحقن فى الودنات ( + ٤٠° م )
- ٤ - الحقن عند ٣٣ سم أسفل الودنات ( + ٥° م )

شكل (٣٧)

### ثالثاً : المقارنة بين الأفران العادية وأفران الهواء المقسم :

يوضح شكل (٣٧) النتائج التي تم الحصول عليها في حالة التشغيل في الأفران العادية ، وفي حالة الأفران ذات الهواء المقسم ، ويتضح من هذا أن أفران الهواء المقسم يكون درجة حرارة معدنها بدون استعمال الأكسجين تكون أعلى من الأفران العادية ، والتي يستعمل فيها الأكسجين بنسبة ٤٪ زيادة في هواء المروحة ؛ أو حتى محقون في الودنات بنفس النسبة ، وإذا تم حقن الأكسجين في الخزنة بنسبة ٤٪ على عمق ٢٣ سم من الودنات في الأفران العادية فإنها تعطى نفس درجة الحرارة . أما عند حقن الأكسجين على عمق بين ٦١ سم ، ٩١ سم أسفل الودنات في الأفران العادية فإنها تعطى نفس درجة الحرارة في الأفران الحديثة ، إذا تم دفع الأكسجين خلال هواء الصف السفلى من الودنات .

### رابعاً : تقدير اقتصاديات العمليات

#### Economic Appraisal of Proecesses

يمكن من خلال عمليات تقدير اقتصاديات كل طريقة من طرق التشغيل السابقة استنتاج بعض النتائج العامة . إن عملية التشغيل باستخدام صفين من الودنات هي أكثر الطرق تفضيلاً لتخفيض تكاليف الصهر . إن التكاليف الكبرى في هذه العملية سبق مناقشتها ( عملية تحويل الفرن إلى فرن ذى هواء مقسم ) . كما أن استخدام الأكسجين في هذه الطريقة لا يؤدي إلى وجود مصروفات مستديمة Continuing Cost . وبعض المسابك تكون قادرة على استعادة وتغطية التكلفة الكلية ، في حالة تحويل الفرن إلى صفين من الودنات في مدة شهور قليلة ولا تتجاوز سنة .

والتطوير الأفضل يمكن الحصول عليه باستعمال أكسجين في الفرن ذى الهواء المقسم Divided ؛ لكن اقتصاديات هذه العملية تعتمد على ظروف الصهر المطلوبة ، وعلى أسعار الأكسجين المستخدم . فمثلاً الشكل رقم (٣٧) يوضح أنه يمكن الحصول على درجة حرارة معدن مقدارها ١٥٥٠°م إذا تم استعمال كوك بنسبة ١٥٪ لكن مع استخدام ٤٪ أكسجين زيادة في الهواء فيمكن خفض نسبة الكوك إلى ١١٪ وهذا يؤدي إلى وفر قدره ٢ ، ٣ جنيه استرليني لكل طن معدن ( إذا كان ثمن طن الكوك ٨٠ جنيه استرليني ) وسوف تكون تكاليف الأكسجين حواي ١.٧٢ جنيه استرليني / طن ( حيث سعر الأكسجين ٦ جنيه

استرليني / ١٠٠ م<sup>٢</sup>) وبالتالي يكون إجمالي الوفر لكل طن معدن منتج يمثل حوالى ١.٤٨ جنيه استرليني / طن .

ومن ناحية أخرى فإنه للحصول على درجة حرارة معدن مقدارها ١٥٠٠°م فإن استهلاك الكوك سوف ينخفض من ١٠٪ بدون استخدام الأكسجين إلى حوالى ٨.٣٪ عند استخدام الأكسجين الزيادة فى هواء الفرن . وفى هذه الظروف فإن الوفر فى تكلفة الفحم تساوى ١.٣٦ جنيه استرليني/ طن بينما تكلفة الأكسجين تمثل ١.٤٨ جنيه استرليني/ طن، وفى هذه الظروف فإن استخدام الأكسجين لن يمثل وفر إطلاقاً فى تكلفة صهر الطن المنتج من حديد الزهر .

وهناك بعض الحالات التى يكون فيها الفرن ذو الصفين غير عملى أو غير مطلوب . فمثلاً فى حالة ماتكون اسطوانة الفرن Shaft قصيرة جداً ، أو إذا كانت فترة التشغيل اليومى فترة قصيرة جداً ، أو إذا كان معدل الصهر ضعيف جداً لا يتناسب مع تكاليف عملية التغيير ، وبالتالي فإن عملية التغيير هذه قد تصبح صعبة أو مستحيلة . ومثال آخر فى حالة إفران الدست التى يتم تبريدها بالكامل بالمياه فقد يكون من الضرورى إعادة تصميم وتغيير مقطع التبريد Section تماماً . إذا كان هناك اضطراب لتشغيل فرن الدست مع استخدام صف واحد من الودنات وأريد استخدام الأكسجين بدرجة كفاءة عالية وذلك بحقن الأكسجين فى خزنة المعدن فإن هذا لسوء الحظ قد يؤدى إلى عدة مشاكل قد تقلل من استخدامه منها :

- ١- سيكون استخدامه محصوراً على الأفران ذات الصب المستمر .
- ٢- صعوبة تجهيز مكان ملائم لأجهزة الحقن على مسافة مناسبة ومأمونة تحت الودنات .
- ٣- أجهزة الحقن تتعرض للتآكل من المعدن أو الخبث وقد يتطلب الأمر تغييرها بين الحين والحين .
- ٤- عملية الحقن تؤدى إلى تآكل منطقة متسعة من البطانة حول المحاقن ، مما يؤدى إلى ضرورة الحاجة إلى إعادة الترميم .
- ٥- ان استخدام هذه الطريقة يؤدى إلى انخفاض نسبة الكربون والسيليكون فى المعدن ، مما يؤدى إلى انخفاض المكافئ الكربونى بدرجة أكبر من استخدام الطرق الأخرى .



ومن ناحية أخرى فإن استخدام الأكسجين وتقنيته عن طريق هواء المروحة تعتبر طريقة بسيطة ، ولكن كفاءتها أقل ، وكحل وسط فإن استخدام الأكسجين بطريقة الحقن من خلال الودنات تعتبر حلاً وسطاً بين الطريقتين السابقتين في كفاءتها وخطورتها وإقتصادياتها . وهذه الطريقة يتزايد استخدامها في العديد من المسابك .

### تأثير الأكسجين على معدل الصهر :

ان الاختبارات التي سبق شرحها تمت كلها عند معدل ثابت من الهواء يكافئ حوالي ٤٥ متر ٣ / دقيقة وفي حالة استخدام كمية معينة من الكوك ، فإن طريقة التشغيل باستخدام الأكسجين أو بدونه أو باستخدام صفين من الودنات أو بكليهما معاً ، فإن معدل الصهر لا يتأثر بدرجة واضحة . في حين أنه إذا تم تخفيض نسبة الكوك في الشحنة للحصول على درجة حرارة معينة فإن معدل الصهر يزيد تبعاً للطريقة المستخدمة في التشغيل . إن زيادة معدل الصهر الناتجة عن استخدام الأكسجين أو نظام الهواء المقسم أو كليهما معاً ، تستطيع أن تعطى مزايا اقتصادية ، حيث تؤدي إلى تخفيض التكلفة الثابتة وتتخلص من

#### جدول (٤ - ب)

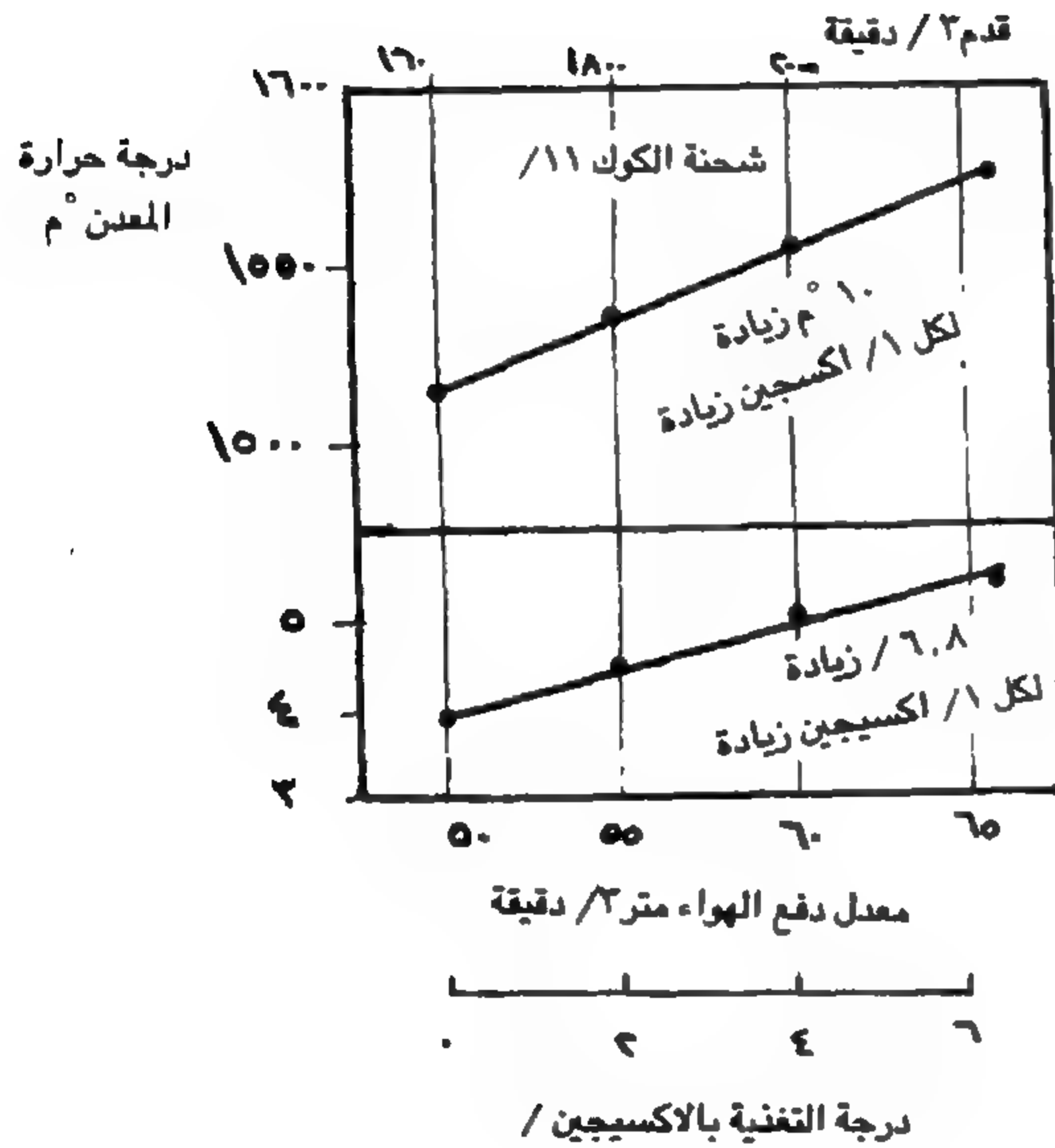
تأثير طريقة التشغيل على معدل الصهر للحصول على معدن ذو درجة حرارة ١٥٠٠°م عند فتحة البزل

معدل دفع الهواء حوالي ٤٥م<sup>٣</sup> / دقيقة ( ١٦٠٠ قدم<sup>٣</sup> / دقيقة )

معدل الصهر		شحنة الكوك %	نوع الفرن
الزيادة %	طن / ساعة		
—	٣.٢٠	١٥	فرن اللست المعتاد :
١٢	٣.٥٠	١٣	بدون أكسجين
٢٧	٤.٠	١٠.٨	٤% أكسجين زيادة في الماسورة الرئيسية
٤٦	٤.٧	٨.٣	٤% أكسجين محقون في الودنات
٣٣	٤.٢٠	١٠.٠	٤% أكسجين محقون على عمق ٦١ سم أسفل الودنات
٤٦	٤.٧٠	٨.٣	فرن اللست ذات الهواء الموزع :
			بدون أكسجين
			٤% أكسجين زيادة في ماسورة الهواء الرئيسية
			أكسجين زيادة في الودنات السفلية

وقت العمل الإضافى وتؤدى إلى زيادة الربح نتيجة معدلات الإنتاج المتزايدة .  
تأثير إمداد هواء المروحة بكميات إضافية من الأكسجين

إذا كان مطلوباً الحصول على معدل صهر زيادة بالإضافة إلى زيادة درجة حرارة المعدن فى نفس الوقت ، أو إذا كان مطلوباً الحصول على معدل صهر أكبر من معدل الصهر ( الذى تم الحصول عليه عند خفض نسبة الكوك وثبات كمية الهواء ) فإن فى هذه الحالة يمكن استعمال الأكسجين بكميات إضافية لزيادة إجمالى معدلات الهواء عن النسبة المعتادة ، وعلى هذا فيمكن زيادة إجمالى معدل الهواء وذلك باستعمال الأكسجين .



شكل (٣٨)  
فى أفران الدست الهواء الموزع - تأثير زيادة  
درجة تغذية الأكسجين فى الدست عن طريق  
ماسورة الهواء الرئيسية .

شكل (٣٨)

وشكل رقم (٣٨) يوضح تأثير زيادة نسبة الأكسجين فى هواء الفرن عند استعمال

معدل هواء ثابت ٤٥ متر<sup>٣</sup> / دقيقة قفى فرن دست ذى هواء مقسم ، حيث يتضح أن كل زيادة فى الأكسجين بنسبة ١٪ تؤدي إلى رفع درجة حرارة المعدن بمقدار ١٠°م وزيادة معدل الصهر بمقدار ٨,٦٪ وبهذه الطريقة يمكن رفع معدلات الصهر للأفران الموجودة فوق المعدلات المثالية وبدون إحداث أى ظواهر سيئة مثل ظاهرة هواء الفرن الزائد Over Blowing والذي يحدث نتيجة محاولة زيادة معدلات تدفق الهواء عن المعدلات المعتادة . وقد وجد العديد من المسابك أن انخفاض التكلفة وزيادة الإنتاج الناتجة عن معدلات الإنتاج الزيادة التى تم الحصول عليها ، جعلت من استخدام الأكسجين وضعاً مقبولاً ومرضياً .

### كلمة مختصرة Summary

يتضح مما سبق أنه فى حالة الأفران المعتادة يمكن استخدام الأكسجين بدرجة أكثر كفاءة ، وذلك بحقنه فى خزنة المعدن باستخدام أجهزة حقن مبردة بالمياه Water-Cooled Lances وهذه الطريقة تؤدي إلى مشاكل إضافية مثل صيانة المحاقن والتآكل الجزئى فى البطانة فى منطقة المحاقن مع ضرورة الحاجة إلى وجود مصدر لمياه التبريد بالإضافة إلى صعوبة وضع أجهزة الحقن على مسافة مناسبة تحت الودنات ، وهذه الطريقة يتم استخدامها فى الأفران ذات الصب المستمر فقط . والطريقة البسيطة لإمداد هواء الفرن بالأكسجين تعتبر هى الطريقة الأقل كفاءة . ولهذا تعتبر طريقة حقن الأكسجين من خلال الودنات هى الحل الوسط والتي تعطى ربحاً اقتصادياً وإمكانية جيدة للتشغيل .

وعموماً عند البحث عن طريقة دائمة لتحسين الأداء وظروف التشغيل فإنه يفضل تحويل الفرن إلى فرن ذى هواء موزع ، إذا كانت فترة التشغيل طويلة بدرجة كافية والإنتاج عال نسبياً ليتلاءم مع تكلفة التحويل . ويمكن الحصول على فوائد أخرى إذا تم استخدام الأكسجين فى مثل هذا النوع من الأفران لكن العائد الاقتصادى يعتمد أساساً على السعر الذى يمكن به شراء الأكسجين ، وعلى ظروف عملية الصهر نفسها .

وبالإضافة إلى استعمال الأكسجين بطريقة متصلة فإنه يمكن استعماله بطريقة متقطعة ، وفى كثير من المسابك تستعمل الطريقة المتقطعة فعلاً . إن استعمال الأكسجين لمدة ١٠ - ١٥ دقيقة قبل نزول المعدن يؤدي إلى زيادة درجة حرارة الصبة الأولى من المعدن كما أنه يزيد من معدل استعادة درجة حرارة المعدن بعد التوقف الطويل للفرن عند العطلات



إن إمكانية استخدام الأكسجين في محاولة إستعادة درجة حرارة المعدن بسرعة يقلل من نسبة التوالف في المنتج نتيجة استخدام زهر بارد .

وبعيداً عن استخدام الأكسجين بطريقة متصلة ، فإن توافر الأكسجين يعطى الفرصة لاستخدامه كأداة مفيدة وطبعة للسيطرة ولعلاج ظروف الصهر السيئة ، والتي لا يمكن تجنبها ، كما أنه يستطيع زيادة كمية الإنتاج بدرجة معقولة إذا طلب ذلك . ومن ناحية أخرى لا يجب اعتبار الأكسجين على أنه سلعة ليست غالية الثمن . كما لا يجب أن يتم استخدامه كوسيلة متاحة أو كعلاج سريع للأخطاء المستديمة أو سوء التصرف المستمر .

## الباب السابع

### كيفية حساب شحنة الفرن وطرق اختيار الخامات

#### Cupola Charge Calculation and Selection of Materials

إن الأساس الموضوعى لآى تشغيل جيد لفرن الدست هو إنتاج حديد زهر ذات التركيب الكيميائى المطلوب للمسبوكات المختلفة وبطريقة اقتصادية . ولدراسة هذه الموضوع فإنه يجب معرفة التركيب الكيميائى لكل أنواع المواد الخام التى تدخل فرن الدست Raw Materials وذلك لتشكيل الشحنة بطريقة صحيحة ومعرفة التغيرات فى التركيبات التى تحدث داخل الفرن أثناء الصهر .

#### أنواع المواد الخام المتاحة استعمالها فى عملية الصهر فى فرن الدست

##### Raw Materials Available for Cupola Melting

إن أنواع المواد الخام والتى تستخدم كخامات للصهر فى أفران الدست يمكن تقسيمها تبعاً لنسبة احتوائها على الكربون ، موضحة فى جدول رقم (٥) وهى تنقسم إلى ثلاثة أنواع ونوع رابع كما يلى :

- ١- خامات مرتفعة الكربون High Carbon Materials .
- ٢- خامات متوسطة الكربون Medium Carbon Materials .
- ٣- خامات منخفضة الكربون Low Carbon Materials .
- ٤- خامات سبائكية ( السبائك الحديدية وماشابه ذلك ) Alloys .

## جدول رقم (٥) تقسيم خامات الزهر الأساسية

Pig Iron حديد زهر التماسيح	خامات حديدية ذات نسبة كربون مرتفعة
Refined Iron حديد الزهر المصنع أو المنقى	High carbon
Returned Scrap الخردة المرتجعة	خامات حديدية ذات نسبة كربون متوسطة
Bought Cast Iron خردة الزهر المشتراة	Medium carbon
Scrap رايش المخارط والمثاقيب من الحديد الزهر	
Cast Iron Turnings & Borings	
Steel Scrap خردة الصلب	خامات حديدية ذات نسبة كربون منخفضة Low Carbon
Dilute مخفف - مثل حديد الزهر المفضض	السبائك Alloys
Concentrated مركز - السبائك الحديدية	
Briquettes على شكل قوالب	

### ١- الخامات الحديدية ذات نسبة الكربون المرتفعة High Carbon Material

#### أولاً : زهر التماسيح Pig Iron

إن المصدر الرئيسى لهذا النوع من الخامات لأفران الدست هو زهر التماسيح Pig Iron ، وهو منتج معدنى يتم الحصول عليه عن طريق اختزال خامات الحديد الطبيعية Iron Ores فى الأفران العالية لإنتاج الزهر Blast Furnaces . والعناصر السبائكية الموجودة فى زهر التماسيح Alloying Elements الموجودة مثل الكربون والسيليكون والكبريت و (فى حدود ضيقة ) المنجنيز يمكن ضبطها عن طريق أسلوب تشغيل الفرن العالى ، وذلك بهدف إنتاج العديد من نوعيات الحديد الزهر ذى التراكيب المختلفة والتى تتناسب مع عملية الصهر بأفران الدست لإنتاج أصناف ونوعيات عديدة من مسبوكات الحديد الزهر . ومن ناحية أخرى فإن عنصر الفوسفور لا يمكن ضبطه فى الفرن العالى ؛ وذلك لأن جميع مركبات الفوسفور يتم اختزالها داخل الفرن العالى إلى صورة عنصرية ( فوسفور ) والذى يذوب بدوره فى المعدن السائل ، وعلى ذلك يتم تحديد نسبة الفوسفور فى حديد زهر التماسيح بناء على نوعية الخامات الأولية المستخدمة فى شحنة الفرن العالى .

ويتم تقسيم نوعيات زهر التماسيح المنتج بناء على درجة احتوائه على الفوسفور إلى أربعة أنواع كما هو موضح بجدول رقم (٦) وهى كما يلى :



أنواع زهر التماسيح	الكربون %	السيليكون %	المنجنيز %	الكبريت %	الفوسفور %
هيماتيت	٤.٥ - ٣.٧	٣.٥ - ٠.٥	١.٢ - ٠.٥	أقل من ٠.٠٥	أقل من ٠.٠٥
منخفض الفوسفور	٤.٢ - ٣.٨	٤.٥ - ١	٢ - ٠.٥	أقل من ٠.٠٥	٠.٣ - ٠.٠٨
متوسط الفوسفور	٤ - ٣.٥	٣.٥ - ٢	١ - ٠.٨	أقل من ٠.٠٥	٠.٧ - ٠.٣
مرتفع الفوسفور	٣.٨ - ٣.٣	٤.٥ - ٢	١.٢ - ٠.٦	أقل من ٠.٠٥	١.٢ - ٠.٧

جدول رقم (٦)

التركيب الكيميائي للأنواع المختلفة لزهر تماسيح الأفران العالية .

- ١- هيماتيت ٠.٠٥ % فوسفور Hematite .
- ٢- زهر تماسيح منخفض الفوسفور ٠.٣ - ٠.٠٨ % Low Phosphorus .
- ٣- زهر تماسيح متوسط الفوسفور ٠.٧ - ٠.٣ % Medium Phosphorus .
- ٤- زهر تماسيح مرتفع الفوسفور ١.٢ - ٠.٧ % High Phosphorus .

وكل نوع من هذه النوعيات من حديد زهر التماسيح متوفرة مع أحتوائها على نسب مختلفة من كل من الكربون والسيليكون ، ومسبك الزهر قادرة على اختيار الصنف ذي التحليل المناسب لاحتياجاتها . وعموماً إذا كان مطلوباً الحصول على حديد زهر ذي كربون مرتفع فنجد أن نسبة السيليكون به تميل إلى أن تكون في أدنى مستوى لها والعكس بالعكس . وجميع الأصناف تحتوى على نسبة منخفضة من الكبريت أقل من ٠.٠٥ % ( كحد أقصى ) . وعموماً يجب أن يكون تركيب زهر التماسيح معروفاً بالتأكيد حيث إن كل نقلة Delivery يتم توريدها من زهر التماسيح تكون مزودة بشهادة تحاليل للشحنة . وتمثل نسبة حديد زهر التماسيح حوالى ١٠ - ٣٠ % من نسبة شحنة الخامات المعدنية في فرن الدست .

وتعتمد النسبة الدقيقة للشحنة على نوع الزهر المطلوب إنتاجه . والفوائد الرئيسية التى تعود علينا من استعمال زهر التماسيح فى شحنة فرن الدست هى :

- ١- الإمداد بالكربون المتحد مع المواد المعدنية الأخرى وبالإضافة إلى كمية الكربون المكتسب فى فرن الدست فإن المعدن الناتج يصبح محتوياً على النسبة الصحيحة من الكربون .

٢- الإمداد بأكبر قدر ممكن من الكمية الضرورية للسيليكون فى شحنة الفرن لتلافى الحاجة إلى ضرورة استعمال فيرو سيليكون إضافى عند شحن الفرن .

٣- تخفيض نسبة الكبريت فى شحنة الفرن ولإيمنع الكبريت فى المعدن المنصهر من الارتفاع إلى مستويات خطيرة .

٤- لضمان أن نسبة الفوسفور فى شحنة الفرن لاتزيد عن الحدود القصوى مع الأخذ فى الاعتبار كمية الفوسفور فى باقى الشحنة من الحديد الزهر المرتجع Returned وخردة الزهر المشتراه من خارج المسبك .

وعموماً فإن حديد زهر التماسيح لا يوجد به غير عيب وحيد فقط ، هو ارتفاع سعره لهذا يجب استعماله بطريقة اقتصادية كلما أمكن .

### ثانياً : حديد الزهر المنقى Refind Irons

وهذا هو المصدر الثانى للخامات الحديدية ذات الكربون المرتفع . وهذه النوعية يتم إنتاجها عموماً فى أفران الدست أو الأفران الكهربائية Electric Furnaces من شحنات تحتوى على ٥٠٪ أو أكثر فى الشحنة عبارة عن خردة صلب Steel Scrap أما باقى الشحنة فهى عبارة عن تماسيح زهر أو خردة حديد زهر مناسبة . وتركيب هذه النوعية من الزهر يكون مشابهاً لنوعيات الحديد الزهر التماسيح ، التى تحتوى نسبة منخفضة من الفوسفور والتى تحتوى على أقل من ٠.٠٥٪ كبريت ، وتحتوى على فوسفور بنسبة بين ٠.١ - ٠.٢٪ وتختلف هذه الأنواع عن زهر التماسيح الناتج من الأفران العالية قليلاً ( النوع المنخفض الفوسفور ) فى إنها ذات محتوى كربونى أقل نسبياً حيث يصل إلى ٢.٦٪ كما أن بعض العناصر السبائكية قد تدخل فى تركيبها مثل الكروم والنيكل . وسعر هذا النوع من الزهر يكون مرتفعاً مثل زهر الأفران العالية ؛ ولهذا يجب استعماله بطريقة اقتصادية كلما أمكن ، وعلى أية حال فإنه باستعمال حديد زهر منقى Refined فإن بعض المسابك التى لديها طرق ضبط ومراقبة جودة متواضعة تكون قادرة على إنتاج أنواع من الحديد الزهر ذات جودة أداء عالية High duty Iron ، وكما فى حديد زهر التماسيح فإن كل نقلة يتم توريدها من الزهر المنقى Refined لابد أن تتواجد معها شهادة تحليل تقريبية للعناصر من المورد نفسه .

## ٢- الخامات الحديدية ذات نسبة الكربون المتوسطة

### Medium Carbon Malerials

تعتبر خردة الحديد الزهر Cast Iron Scrap من الخامات ذات المدى الواسع والتي تحتوى على نسبة متوسطة من الكربون . وأفضل مصدر لخردة حديد الزهر بدون شك هو مرتجعات المسبك نفسه من الزهر حيث إن تركيبها يكون معروفاً ومناسباً للمسبك نفسه .

نوع الخردة	الكربون %	السياليكون %	المنجنيز %	الكبريت %	الفوسفور %
الخردة ذات المقاطع الرفيعة Light Sections Scrap	٣.٤ - ٣.٢	٢ - ٢.٥	٠.٧ - ٠.٥	٠.١٥ - ٠.١	١.٢ - ١
خردة النسيج والماكينات Textile & machinery scrap	٣.٣ - ٣.١	٢.٢ - ١.٨	٠.٧ - ٠.٥	٠.١٥ - ٠.١	١ - ٠.٧
موتورات المركبات (السيارات) Automobile engine	٣.٣ - ٣.١	٢.٢ - ٢	٠.٨ - ٠.٥	٠.١٥ - ٠.٠٨	٠.٢ - حتى
كراسى السكك الحديدية Railway chair	٣.٣ - ٢.٨	٢.٥ - ١.٥	أقل من ٠.٥	أقل من ٠.٢٥	١.٥ - ١.٠
قوالب صب الكتل المعدة للتشكيل Ingot mouled	٣.٨ - ٣.٥	١.٨ - ١.٤	١ - ٠.٥	٠.٠٨	٠.١ - حتى
الزهر الطروق ذو القلب الأسود Blackheart malleable Scrap	٣ - ٢.٢	١.٦ - ١.٣	٠.٦ - ٠.٣	٠.١٨ - ٠.٠٨	٠.٠٦
الزهر الطروق ذو القلب الأبيض White heart malleable Scrap	٢.٥ - ٠.٢	٠.٨ - ٠.٣	٠.٣ - ٠.٢	٠.٢٥ - ٠.١٥	٠.٠٦

جدول رقم (٧) التركيب الكيميائى للأنواع المختلفة لخردة حديد الزهر.



وهذه الخامات يجب استخدامها في شحنة المعدن بأكبر قدر ممكن وينفس معدلات توافرها .  
وحتى في حالة استعمال الخردة المرتجعة Return كلها بالكامل ، فإنه من الممكن شراء  
خردة إضافية وهذه الخردة متوفرة في عدة أشكال يسهل التعرف عليها وهي موضحة  
بجدول (٧) .

والخردة ذات المقاطع الرفيعة والتي لا يزيد سمكها عن ٦ مم والتي تتكون من المواسير  
Pipes ومزاريب مجارى مياه الأمطار Rain Water Gutters والمسبوكات المشعة للحرارة  
Radiator Castings وألواح الأفران Stove plates وغيرها . ويجب التعامل مع هذه  
الخردة بحذر بسبب احتوائها على نسبة مرتفعة من الفوسفور .

أما موتورات السيارات Automobile Engines الخردة فمن السهل التعرف عليها  
بالنظر ودائماً ما يتم توريدها على شكل موتور كامل بصندوق التروس Gear Boxes ، ولهذا  
السبب فإن استعمالها يكون مناسباً جداً في الأفران الواسعة حيث لا يستنفذ الوقت اللازم  
لتكسيدها عند استعمالها في الأفران الصغيرة . حيث يتم شحنها بالكامل في الأفران  
الكبيرة مع الأخذ في الاعتبار حقيقة أنه قد يحتوى على ما يقارب ٢٥٪ من وزنها عبارة عن  
صلب والباقي زهر . بالإضافة إلى احتمالية أن تكون ملوثة بمعادن غير حديدية مثل  
الألومنيوم الموجود بالكباسات Pistons وفتحات الدخول المتعددة وأيضاً النحاس الموجود  
في وصلات التبريد بالمياه Water Cooling Connections .

وهناك نوعان من خردة حديد الزهر المطروق Malleable Scrap متوفرة لدى تجار  
الخردة ولكن ليست بكميات كبيرة على وجه العموم وهذه الخردة لا يمكن فصلها لوحدها  
ويفضل خلطها مع الأنواع الأخرى من الخردة في شحنة الفرن .

كراسى السكك الحديدية Railways - Chairs من السهل التعرف عليها . كما أن  
شكلها وحجمها تتناسب تماماً مع أفران الدست ، وعند استعمال هذه النوعية يجب أن تأخذ  
الحذر من ارتفاع نسبة كلاً من الكبريت والفوسفور حيث نجد أن نسبة الفوسفور خوالى  
٨,١ - ٢٪ .

خردة قوالب صب الكتل المعدة للتشكيل Ingot Moulds يمكن تمييزها بمقطعها  
السميك مع استقامة أسطحها المتوازية والتي عادة ما يكون أحد جوانبها مشروخاً أو  
مشقوقاً .

أما المصدر الأخير من خردة الحديد الزهر فهو ما يأتى من ناتج المخارط Turnings وناتج خراطة التجاويرف ( المثاقيب ) Borings وهذه الخردة هي أرخص Cheap نوع من أنواع الخردة . بالإضافة إلى أنها أفضل من ناحية الاستخدام Best utilized فى الأفران الكهربائية ؛ على الرغم من أنها نجحت بدرجات متفاوتة عند استخدامها فى أفران الدست . أما عند استخدامها فى أفران الدست فإنه يجب تعبئتها Packing فى علب من الصفيح محكمة الغلق Canisters أو من الأفضل تشكيلها فى قوالب Briquetted ويجب ألا تزيد عن نسبة ٢٠٪ من شحنة الفرن . ونظراً لارتفاع المساحة السطحية للخراطة Swarf فإن الفقد الناتج عن الأكسدة والميل لاكتساب الكبريت يصبحان فى هذه الخردة أكبر وأعلى من الحالة العادية .

### ٣- الخامات الحديدية ذات نسبة الكربون المنخفضة

#### Low Carbon Materials

تعتبر خردة الصلب هي المصدر الأعظم للخردة ذات الكربون المنخفض ، وإلى جانب انخفاض نسبة الكربون فإن نسبة السيليكون تكون أيضاً منخفضة ، كما أن نسبة الكبريت والفوسفور عادة ما تكون ٠,٠٥ ٪ . هناك العديد من أنواع الخردة الصلب ولذلك يجب أن يتم اختيارها بحذر وعناية ؛ فمثلاً يجب التأكد من أن خردة الصلب التى يتم توريدها بهدف إنتاج حديد زهر رمادى Grey أو طروق Malleable لا تحتوى على عناصر سبائكية Alloy Elements مثل الكروم Chromium أو النيكل Nickel أو التنجستين Tungsten وغيرها والتي قد يكون لها تأثير ضار أو مؤذ Injurious على المعدن الناتج .

إن خردة الصلب ذات المقاطع الرفيعة مثل الصاج Sheet أو السلك Wire أو البالات Bales وغيرها يجب تجنبها بالمرّة كلما أمكن ذلك . حيث أنه يكون عرضة Liable to للتأكسد بشدة Severely oxidized فى الفرن كما أن عملية اكتسابه للكربون تكون محدودة Restrict كما أنه يؤدى إلى زيادة الفقد فى كل من السيليكون والمنجنيز ومن ناحية أخرى فإن خردة الصلب ذات السمك الكبير يجب تجنبها أيضاً كلما أمكن حيث أنها قد تصل إلى منطقة الودينات قبل أن تنصهر بالكامل . وكحالة مثالية فإن خردة الصلب يجب أن تكون ذات حجم مناسب وخالية من الصدأ Free From Rust والقشور Scale ويجب ألا يقل سمكها

Thickness عن ٦ مم ولاتزيد عن ٧٥ مم .

ومع ذلك فإنه من المعتاد عمل مقارنة بين كل من العرض Availability والطلب Desirability وبالطبع مع الأخذ في الاعتبار أسعار الخامات Price .

وخردة الصلب عادة ماتكون أرخص الخامات المتاحة للصهر في فرن الدست ، ولهذا يجب استعمالها بأقصى درجة ممكنة تسمح بها عملية تشغيل الفرن . ونسبة خردة الصلب في شحنة الفرن تعتمد على المواد الأخرى التي تتكون منها الشحنة . فعلى سبيل المثال إذا كانت الشحنة تحتوي على زهر التماسيح الناتج من الأفران العالية ( حيث نسبة الكربون والسيليكون عالية ) فإن نسبة خردة الصلب المستعملة في هذه الحالة تكون أكبر بالطبع مما لو كانت شحنة الفرن تحتوي على زهر منقى Refined ذات نسبة كربون منخفضة .

#### ٤- السبائك Alloys :

تشمل المجموعة الرابعة من خامات الفرن كلاً من السبائك والحديدية Ferro Alloys والتي قد تستعمل كجزء من شحنة الفرن لضبط Regulation مستويات Levels السيليكون والمنجنيز في الزهر كما يحدث في حالة إضافة بعض العناصر مثل النيكل والكروم والموليبدنم Molybdenum والنحاس Cupper وغيرها ، والتي تستعمل أحياناً لتعديل Modify خواص الحديد .

والسبائك التي تضاف لشحنة الفرن تختلف وتتغير بدايةً من السبائك الحديدية المخففة نسبياً Dilute مثل الحديد الزهر الفضي Silvery Pig Iron والذي يحتوى على ١٠ - ١٤٪ سيليكون أو الحديد الزهر المنجنيزي Manganes Pig Iron وانتهاءً بالخامات ذات التركيز المرتفع Highly Concentrated مثل السبائك الحديدية التي تحتوى على ٧٥ - ٨٠٪ من مواد التسابك . إن عملية اختيار هذه الخامات للتشغيل تعتمد على تكاليفها Cost وعلى درجة ملائمتها Convenience للغرض .

والحديد الزهر الفضي Silvery متوافر على شكل زهر مسبوك ، وعند استعماله في الأفران الصغيرة فإنه يجب تكسيه إلى قطع ذات أوزان مضبوطة تماماً . أما السبائك الحديدية المركزة فإنه يتم صبها على شكل بلاطات كبيرة Large Slabs ويتم بيعها بأحجام مختلفة حسب الطلب . وفي مثل هذه الحالات فيجب أن تكون السبائك التي تستعمل في



أفران الدست ذات أحجام مناسبة لإمكان وزنها بدقة ، وفي نفس الوقت يجب ألا تكون صغيرة جداً حتى لا تتطاير في الهواء أثناء شحن الفرن .

والطريقة الشائعة لاستعمال السبائك هي طريقة القوالب Briquettes حيث عن طريقها يمكن إلغاء عملية وزن المقادير الصغيرة من السبائك . وكل قالب يزن مقداراً ثابتاً من السبيكة ، ويكون عموماً كيلو جرام واحد ؛ وعادة ما يتم تخزين القالب Notched لتسهيل كسره إلى نصفين إذا كان ذلك مطلوباً . وعلى وجه العموم فبالنسبة لأي خامة تدخل فرن الدست يجب ألا يزيد طولها عن ثلث القطر الداخلي للفرن . وفي حالة الأسياخ Bars أو القضبان Rails فإن طولها هو المقياس . أما في حالة الألواح المستوية Flat Plates فإن المقاس هو وتر اللوح The Diagonal .

وفي حالة ما يتم شحن ألواح مستوية من الصلب فإنه لا يجب شحنه بنفس النسبة في الفرن ، حيث إنه يقوم بإعاقة Restrict حركة الغازات المتصاعدة Upward Gas في بئر الفرن Shaft .

### التغيرات التي تحدث في التركيب أثناء الصهر

#### Composition Changes During Melting

عند حساب النسب المئوية للأنواع المختلفة من الخامات المعدنية التي ستدخل في شحنة الفرن فإنه من الضروري معرفة التغيرات التي ستحدث في تركيبها أثناء عملية الصهر . والجدول رقم (٨) يوضح المؤشرات Indication التقريبية التي ستحدث ( التغيرات المتوقعة ) عند تشغيل فرن الدست العادي ذي البطانة الحامضية والهواء البارد . فنسبة الكربون دائماً ما تزيد حيث يقوم المعدن بإذابة Dissolve بعض الكربون من الكوك عند تساقطه على شكل نقط Drops خلال منطقة الصهر في طريقه إلى خزانة المعدن Cupola Well . وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على كمية الكربون التي يمتصها المعدن Carbon Pick-up أثناء الصهر .

### جدول (٨)

التغير في التركيب الكيميائي أثناء تشغيل فرن الدست ذات الهواء البارد

يعتمد على نسب الكربون والسيليكون والفوسفور في الشحنة	اكتساب	الكربون
١٠ - ٣٠٪ من نسبته في الشحنة	فقد	السيليكون
٢٠ - ٣٠٪ من نسبته في الشحنة	فقد	المنجنيز
١٠ - ٦٠٪ من نسبته في الشحنة	اكتساب	الكبريت
—	لا يتغير	الفوسفور

وذلك مثل نسبة الكربون الأولية في الشحنة ، وأيضاً نسبة السيليكون والفوسفور في الشحنة وأيضاً طريقة تصريف المعدن من الفرن Tapping Method وأيضاً على درجة القاعدية في الخبث Slag Basicity وأيضاً درجة حرارة المعدن . وبالنسبة لطريقة التصريف المستمر للمعدن مع تصريف الخبث من الأمام Continuously Tapped Front Slagged Cupolas فإنه يتم تطبيق المعادلة التالية للحصول على نسبة الكربون المضبوطة عند فتحة الصب :

$$TC\% \text{ at spout} = 2.4 + \frac{TC\% \text{ in charge}}{2} - \frac{(Si\% + P\%) \text{ at spout}}{4}$$

النسبة المئوية للكربون ( عند المصب ) = ٢,٤ +  $\frac{\text{الكربون في الشحنة} / (\text{الفوسفور} + \text{السيليكون} / \text{عند المصب})}{4} - \frac{2}{4}$

وهذه المعادلة لا يمكن تطبيقها في حالة الأفران ذات الصب المتقطع . لكن عموماً يمكن أن نتوقع نسبة أكبر للكربون من تلك النسبة التي نحصل عليها من هذه المعادلة . وأثناء عملية الصهر في الدست عادة ما يحدث أكسدة Oxidation للسيليكون ، وعلى وجه العموم عادة ما تكون نسبة الأكسدة تنحصر بين ١٠ - ٣٠٪ من مستوى السيليكون المشحون وهذا الوضع يتغير اعتماداً على الأسلوب الفني للصهر Melting Technique ، وعلى سبيل المثال فإن عملية الفقد تنخفض وتقل إذا كانت درجة حرارة المعدن عند فتحة الصب مرتفعة ، بينما وعلى وجه العموم يزداد الفقد في السيليكون عند زيادة نسبة الصلب في الشحنة .

وكما في السيليكون فإن المنجنيز يُفقد أيضاً أثناء الصهر بسبب الأكسدة ، وعموماً

تتراوح نسبته بين ٢٠ - ٣٠٪ من كمية المنجنيز المشحون على الرغم من اختلافها بسبب أسلوب الصهر .

ونسبة الكبريت Sulphur فى الزهر عادة ماتزيد فى الأفران ذات البطانة الحامضية وهذه الزيادة تعتمد على عدة عوامل منها نسبة الكوك فى شحنة الفرن ودرجة قاعدية الجليخ وعلى نسبة الصلب فى الشحنة وأيضاً على نسبة الكبريت فى فحم الكوك . وليس هناك طريقة متاحة يمكن الاعتماد عليها للتنبؤ Predicting بنسبة الكبريت عند فتحة الصب ؛ لكن عملياً يمكن أن تكون نسبة الكبريت المكتسب قليلة فى حدود ١٠٪ أو كبيرة جداً لتصل إلى حوالى ٨٠ - ٩٠٪ من نسبة الكبريت فى الشحنة . ولإعداد شحنة الفرن فإنه من الواجب توافر بعض المعلومات عن عمليات التشغيل السابقة للفرن ، وتحت ظروف تشغيل مشابهة لتحديد مقدار الكبريت المكتسب .

أما الفوسفور Phosphorous فإنه لا يحدث له تغير ويظل بنفس الكمية الموجودة فى الشحنة وقد يحدث له زيادة بسيطة ولكنها غير ملحوظة فى معظم الأحيان .

### الشحنة النموذجية لفرن الدست Typical Cupola Charge

يتم توصيف مسبوكات الزهر Specification التى يتم تصنيعها فى بريطانيا إلى اصناف تفصيلية Particular Grades ، ويتم تحديد هذه الأصناف بناء على مقاومة الشد Tensile Strength للزهر بعد صبه على شكل قضيب قطره ٣٠ مم ( ١.٢ بوصة ) وحديد الزهر المسمى ٢٢٠ Grade 220 تكون مقاومته للشد مقدارها 220 N/mm<sup>2</sup> والصنف Grade 260 تكون مقاومته للشد مقدارها 260 N/mm<sup>2</sup> . وتركيب المعدن يحدد ويقرر بشكل كبير مقدار مقاومته للشد . وقد أوضح جرين هل Greenhill حدود التراكيب المطلوبة لإنتاج الأصناف التفصيلية من الزهر الرمادى Grey Iron . وهذا التقرير يحتوى أيضاً على المخاليط النموذجية لشحنات الفرن والمستعملة لإنتاج الأصناف المختلفة من الزهر .

وحديد الزهر رتبة ١٧ يكون تركيبه على النحو التالى :

الكربون الكلى ٣ - ٣.٢٪

السيليكون ١.٦ - ١.٩٪



المنجنيز ٠.٦ - ٠.٨ %

الكبريت الحد الأقصى ٠.١٥ %

الفوسفور الحد الأقصى ٠.٣ %

وعلى هذا تكون الشحنة المثالية لفرن الدست كما يلي :

زهر تماسيح منخفض الفوسفور ٢٥ %

خرودة صلب ٢٥ %

خرودة مسبك رتبة ١٧ ..... ٣٥ %

خرودة زهر مسبك خاصة بالسيارات ١٥ %

وعند اختيار هذا الخليط من الخامات ، فيجب أن نضع في الاعتبار التغيرات التي يمكن حدوثها في التركيب والمتوقعة أثناء عملية الصهر .

### كيفية حساب شحنة فرن الدست Cupola-Charge Calculation

بعد كل هذا يخطر ببالنا سؤال عن كيفية عمل حسابات شحنة الفرن ؟ . والجدول رقم (٩) يبين مثلاً بسيطاً لشحنة تحتوي على ٥٠ % زهر تماسيح ، نسبة السيليكون فيها ٢ % وعلى ٥٠ % خرودة صلب نسبة السيليكون فيها ٠.١ % وعند إضافة كمية متساوية من الصلب والزهر فإن نسبة السيليكون التي قيمتها ٢ % في زهر التماسيح تنخفض إلى ١ % بسبب وجود خرودة الصلب ، ولذلك يمكن القول بأن زهر التماسيح قد ساهم Contributes بنسبة ١ % من النسبة النهائية للسيليكون الموجودة في الصلب ٠.١ % تنخفض إلى ٠.٥ % بسبب

#### جدول (٩)

حساب نسبة السيليكون في الشحنة (١)

الشحنة	السيليكون %	نسبة مساهمة الشحنة
٥٠ % حديد تماسيح	٢.٠	$2.0 \times 0.5 = 1.00\%$
٥٠ % خرودة صلب	٠.١	$0.1 \times 0.5 = 0.05\%$
		الاجمالي = ١.٠٥ %

إضافة زهر التماسيح ، وبذلك أصبح الصلب يشارك بنسبة ٠.٠٥٪ من النسبة النهائية للسيليكون في تركيب الشحنة . أما عملية تحديد الوزن الحقيقي للسيليكون في الشحنة فيتم بصورة تلقائية وذلك بضرب ( نسبة السيليكون في الخام ) × ( نسبة الخام في شحنة الفرن ) وقسمة الناتج على ١٠٠٪ ثم تجمع النسبتين معاً لنحصل على النسبة النهائية للسيليكون في الشحنة وهي ١.٠٥٪ وبنفس الطريقة يتم تقدير نسب بقية العناصر في الشحنة .

وبالطبع ستصبح عملية تحديد النسب أصعب في حالة ما إذا كانت نسبة زهر التماسيح يمثل ٦٥٪ من إجمالي الشحنة ، حيث يحتوى على سيليكون بنسبة ١.٨٪ بينما باقى الشحنة ٣٥٪ عبارة عن خرقة صلب تحتوى على سيليكون بنسبة ٠.١٪ كما هو موضح بالجدول رقم (١٠) ولكن يمكن استعمال نفس الطريقة السابقة .

جدول (١٠)  
حساب نسبة السيليكون في الشحنة (٢)

الشحنة	السيليكون %	نسبة مساهمة الشحنة
٦٥٪ حديد تماسيح	١.٨	$١.٨ \times ٠.٦٥ = ١.١٧\%$
٣٥٪ خرقة صلب	٠.١	$٠.١ \times ٠.٣٥ = ٠.٠٣٥\%$
		الاجمالى = ١.٢٠٥٪

وإذا كانت شحنة الفرن مكونة مثلاً من خمس خامات ، وإذا كانت كل خامة تحتوى على الكربون والسيليكون والمنجنيز والكبريت والفوسفور ، فإن عملية حساب النسب للعناصر المختلفة ستكون أكثر صعوبة وأكثر طولاً ، لكن يمكن تسهيل هذه الخطوات ، وذلك باستعمال بعض الجداول كما هو موضح فى جدولى رقم (١١) ، (١٢) .

جدول رقم (١١) حسابات الشحنة الرئيسية (١)

نسبة العنصر في الخامة المستعملة	نسبة الخامة إلى إجمالي الشحنة															
	نسبة العنصر في إجمالي الشحنة															
	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥	٥٠	٥٥	٦٠	٦٥	٧٠	٧٥	٨٠
٢٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٥٠٠٠	٦٠٠٠	٨٠٠٠	٧٠٠٠	٦٠٠٠	٥٠٠٠	٦٠٠٠	٦٠٠٠	٨٠٠٠	٨٠٠٠	٧٠٠٠	٦١٠٠
٦٠١		٦١٠٠	٦٢٠٠	٧٨٠٠	٧٣٠٠	٨٥٠٠	٨٦٠٠	٦٨٠٠	٦٧٠٠	٥٩٠٠	٥٠٠١	٣١٠١	٣٨٠١	٤٤٠١	٤٣٠١	٤٠٠١
٧٠١	٦٠٠٠	٧١٠٠	٨٨٠٠	٦٨٠٠	٥٣٠٠	٣٥٠٠	٢٨٠٠	١٧٠٠	١٧٠٠	٩٠٠	٦٦٠٠	٧٠٠١	٨١٠١	٦٨٠١	٥٣٠١	٣٣٠١
٨٠١		٨١٠٠	٦٨٠٠	٣٨٠٠	٤٣٠٠	١٥٠٠	٠٦٠٠	٧٦٠٠	٨٨٠٠	٥٧٠٠	٣٦٠٠	٤٠٠١	١١٠١	٦١٠١	٧٨٠١	٦٨٠١
٦٠١	٧٠٠٠	٦١٠٠	٣٨٠٠	٨٨٠٠	٠٣٠٠	٧٣٠٠	٦٥٠٠	٣٦٠٠	٨٨٠٠	٠٧٠٠	٦٦٠٠	٠٦٠٠	٣٠٠١	٨١٠١	٠٢٠١	٧٨٠١
٥٠١		٥١٠٠	٨٨٠٠	٠٨٠٠	٧٨٠٠	٥٣٠٠	٤٥٠٠	٠٦٠٠	٧٦٠٠	٥٨٠٠	٤٧٠٠	٠٦٠٠	٧٦٠٠	٥٠٠١	٤١٠١	٠٢٠١
٣٠١	٨٠٠٠	٣١٠٠	١٨٠٠	٧٨٠٠	٥٢٠٠	٤٣٠٠	٦٣٠٠	٤٥٠٠	٨٦٠٠	٠٨٠٠	٨٨٠٠	٣٧٠٠	١٦٠٠	٧٦٠٠	٥٠٠١	٨١٠١
٢٠١		٢١٠٠	٠٨٠٠	٦٨٠٠	٤٣٠٠	٦٨٠٠	٤٣٠٠	٤٥٠٠	٦٥٠٠	٥٦٠٠	٨٨٠٠	٧٨٠٠	٥٧٠٠	١٦٠٠	٧٦٠٠	٣٠٠١
١٠١	٦٠٠٠	٢١٠٠	٧١٠٠	٣٨٠٠	٠٢٠٠	٦٨٠٠	٤٣٠٠	٧٣٠٠	٣٥٠٠	٠٦٠٠	٦٦٠٠	٨٨٠٠	٧٨٠٠	٣٧٠٠	٠٦٠٠	٦٦٠٠
٠٠١	٥٠٠٠	١٠٠٠	٥١٠٠	٠٨٠٠	٥٨٠٠	٠٢٠٠	٥٢٠٠	٠٣٠٠	٥٣٠٠	٠٥٠٠	٥٥٠٠	٠٦٠٠	٥٦٠٠	٠٨٠٠	٥٨٠٠	٠٧٠٠
٦٠٠		٦٠٠٠	٣١٠٠	٧١٠٠	٤٨٠٠	٨٨٠٠	٦٨٠٠	٤٣٠٠	١٣٠٠	٥٣٠٠	٠٥٠٠	٣٥٠٠	٦٥٠٠	٨٨٠٠	٧٦٠٠	٨٨٠٠
٧٠٠	٣٠٠٠	٧٠٠٠	٨١٠٠	٦١٠٠	٠٢٠٠	٣٨٠٠	٧٨٠٠	٨٨٠٠	٦٨٠٠	٠٣٠٠	٣٣٠٠	٧٣٠٠	٤٥٠٠	٦٥٠٠	٠٦٠٠	٣٦٠٠
٨٠٠		٨٠٠٠	١١٠٠	٣١٠٠	٧١٠٠	١٨٠٠	٥٨٠٠	٧٨٠٠	٨٨٠٠	٥٨٠٠	٦٨٠٠	٤٣٠٠	٦٣٠٠	٨٨٠٠	٤٥٠٠	٦٥٠٠
٦٠٠	٤٠٠٠	٤٠٠٠	٦٠٠٠	٨١٠٠	٥١٠٠	٧١٠٠	١٨٠٠	٣٨٠٠	٨٨٠٠	٠٢٠٠	٨٨٠٠	٦٨٠٠	٤٣٠٠	٦٣٠٠	٥٣٠٠	٧٣٠٠
٥٠٠		٥٠٠٠	٧٠٠٠	٠١٠٠	٤١٠٠	٥١٠٠	٧١٠٠	٠٢٠٠	٨٨٠٠	٥٨٠٠	٧٨٠٠	٠٢٠٠	٨٨٠٠	٥٢٠٠	٧٢٠٠	٠٢٠٠
٣٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٦٠٠٠	٧٠٠٠	٠١٠٠	٢١٠٠	٣١٠٠	٦١٠٠	٧١٠٠	٠٨٠٠	٨٨٠٠	٣٨٠٠	٦٨٠٠	٧٨٠٠	٠٢٠٠	٢٨٠٠
٢٠٠		٢٠٠٠	٥٠٠٠	٦٠٠٠	٧٠٠٠	٦٠٠٠	١١٠٠	٨١٠٠	٣١٠٠	٠٩٠٠	٨١٠٠	٧١٠٠	٠٨٠٠	١٨٠٠	٨٨٠٠	٣٨٠٠
١٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٥٠٠٠	٦٠٠٠	٨٠٠٠	٧٠٠٠	٦٠٠٠	٠١٠٠	١١٠٠	٢١٠٠	٣١٠٠	٤١٠٠	٥١٠٠	٦١٠٠





جدول (١٢) حسابات إضافات السباتك المختلفة (١)

نسبة العنصر فى السبيكة											وزن السبيكة فى كل طن
١٠٠	٩٢	٨٥	٨٠	٧٥	٧٠	٦٥	٦٠	٥٠	٤٥	٤٠	
نسبة الزيادة فى العنصر المضاف											
٠.١	٠.٠٩	٠.٠٩	٠.٠٨	٠.٠٨	٠.٠٧	٠.٠٧	٠.٠٦	٠.٠٥	٠.٠٥	٠.٠٤	١
٠.٢	٠.١٨	٠.١٧	٠.١٦	٠.١٥	٠.١٤	٠.١٣	٠.١٢	٠.١٠	٠.٠٩	٠.٠٨	٢
٠.٣	٠.٢٨	٠.٢٦	٠.٢٤	٠.٢٣	٠.٢١	٠.٢٠	٠.١٨	٠.١٥	٠.١٤	٠.١٢	٣
٠.٤	٠.٣٧	٠.٣٤	٠.٣٢	٠.٣٠	٠.٢٨	٠.٢٦	٠.٢٤	٠.٢٠	٠.١٨	٠.١٦	٤
٠.٥	٠.٤٦	٠.٤٣	٠.٤٠	٠.٣٨	٠.٣٥	٠.٣٣	٠.٣٠	٠.٢٥	٠.٢٣	٠.٢٠	٥
٠.٦	٠.٥٥	٠.٥١	٠.٤٨	٠.٤٥	٠.٤٢	٠.٣٩	٠.٣٦	٠.٣٠	٠.٢٧	٠.٢٤	٦
٠.٧	٠.٦٤	٠.٦٠	٠.٥٦	٠.٥٣	٠.٤٩	٠.٤٦	٠.٤٢	٠.٣٥	٠.٣٢	٠.٢٨	٧
٠.٨	٠.٧٤	٠.٦٨	٠.٦٤	٠.٦٠	٠.٥٦	٠.٥٢	٠.٤٨	٠.٤٠	٠.٣٦	٠.٣٢	٨
٠.٩	٠.٨٣	٠.٧٧	٠.٧٢	٠.٦٨	٠.٦٣	٠.٥٩	٠.٥٤	٠.٤٥	٠.٤١	٠.٣٦	٩
١.٠	٠.٩٢	٠.٨٥	٠.٨٠	٠.٧٥	٠.٧٠	٠.٦٥	٠.٦٠	٠.٥٠	٠.٤٥	٠.٤٠	١٠
١.١	١.٠١	٠.٩٤	٠.٨٨	٠.٨٣	٠.٧٧	٠.٧٢	٠.٦٦	٠.٥٥	٠.٥٠	٠.٤٤	١١
١.٢	١.١٠	١.٠٢	٠.٩٦	٠.٩٠	٠.٨٤	٠.٧٨	٠.٧٢	٠.٦٠	٠.٥٤	٠.٤٨	١٢
١.٣	١.٢٠	١.١١	١.٠٤	٠.٩٨	٠.٩١	٠.٨٥	٠.٧٨	٠.٦٥	٠.٥٩	٠.٥٢	١٣
١.٤	١.٢٩	١.١٩	١.١٢	١.٠٥	٠.٩٨	٠.٩١	٠.٨٤	٠.٧٠	٠.٦٣	٠.٥٦	١٤
١.٥	١.٣٨	١.٢٨	١.٢٠	١.١٣	١.٠٥	٠.٩٨	٠.٩٠	٠.٧٥	٠.٦٨	٠.٦٠	١٥
١.٦	١.٤٧	١.٣٦	١.٢٨	١.٢٠	١.١٢	١.٠٤	٠.٩٦	٠.٨٠	٠.٧٢	٠.٦٤	١٦
١.٧	١.٥٦	١.٤٥	١.٣٦	١.٢٨	١.١٩	١.١١	١.٠٢	٠.٨٥	٠.٧٧	٠.٦٨	١٧
١.٨	١.٦٦	١.٥٣	١.٤٤	١.٣٥	١.٢٦	١.١٧	١.٠٨	٠.٩٠	٠.٨١	٠.٧٢	١٨
١.٩	١.٧٥	١.٦٢	١.٥٢	١.٤٣	١.٣٣	١.٢٤	١.١٤	٠.٩٥	٠.٨٦	٠.٧٦	١٩
٢.٠	١.٨٤	١.٧٠	١.٦٢	١.٥٠	١.٤٠	١.٣٠	١.٢٠	١.٠٠	٠.٩٠	٠.٨٠	٢٠
٢.١	١.٩٣	١.٧٩	١.٦٨	١.٥٨	١.٤٧	١.٣٧	١.٢٦	١.٠٥	٠.٩٥	٠.٨٤	٢١
٢.٢	٢.٠٢	١.٨٧	١.٧٦	١.٦٥	١.٥٤	١.٤٣	١.٣٢	١.١٠	٠.٩٩	٠.٨٨	٢٢
٢.٣	٢.١٢	١.٩٦	١.٨٤	١.٧٣	١.٦١	١.٥٠	١.٣٨	١.١٥	١.٠٤	٠.٩٢	٢٣
٢.٤	٢.٢١	٢.٠٤	١.٩٢	١.٨٠	١.٦٨	١.٥٦	١.٤٤	١.٢٠	١.٠٨	٠.٩٦	٢٤
٢.٥	٢.٣٠	٢.١٣	٢.٠٠	١.٨٨	١.٧٥	١.٦٣	١.٥٠	١.٢٥	١.١٣	١.٠٠	٢٥

جدول (١٢) حسابات إضافات السبائك المختلفة (ب) (بقية )

٢.٦	٢.٣٩	٢.٢١	٢.٠٨	١.٩٥	١.٨٢	١.٦٩	١.٥٦	١.٣٠	١.١٧	١.٠٤	٢٦
٢.٧	٢.٤٨	٢.٣٠	٢.١٦	٢.٠٣	١.٨٩	١.٧٦	١.٦٢	١.٣٥	١.٢٢	١.٠٨	٢٧
٢.٨	٢.٥٨	٢.٣٨	٢.٢٤	٢.١٠	١.٩٦	١.٨٢	١.٦٨	١.٤٠	١.٢٦	١.١٢	٢٨
٢.٩	٢.٧٥	٢.٤٧	٢.٣٢	٢.١٨	٢.٠٣	١.٨٩	١.٧٤	١.٤٥	١.٣١	١.١٦	٢٩
٣.٠	٢.٧٦	٢.٥٥	٢.٤٠	٢.٢٥	٢.١٠	١.٩٥	١.٨٠	١.٥٠	١.٣٥	١.٢٠	٣٠
٣.١	٢.٨٥	٢.٦٤	٢.٤٨	٢.٣٣	٢.١٧	٢.٠٢	١.٨٦	١.٥٥	١.٤٠	١.٢٤	٣١
٣.٢	٢.٩٤	٢.٧٢	٢.٥٦	٢.٤٠	٢.٢٤	٢.٠٨	١.٩٢	١.٦٠	١.٤٤	١.٢٨	٣٢
٣.٣	٣.٠٤	٢.٨١	٢.٦٤	٢.٤٨	٢.٣١	٢.١٥	١.٩٨	١.٦٥	١.٤٩	١.٣٢	٣٣
٣.٤	٣.١٣	٢.٨٩	٢.٧٢	٢.٥٥	٢.٣٨	٢.٢١	٢.٠٤	١.٧٠	١.٥٣	١.٣٦	٣٤
٣.٥	٣.٢٢	٢.٩٦	٢.٨٠	٢.٦٣	٢.٤٥	٢.٢٨	٢.١٠	١.٧٥	١.٥٨	١.٤٠	٣٥
٣.٦	٣.٣١	٣.٠٦	٢.٨٨	٢.٧٠	٢.٥٢	٢.٣٤	٢.١٦	١.٨٠	١.٦٢	١.٤٤	٣٦
٣.٧	٣.٤٠	٣.١٥	٢.٩٦	٢.٧٨	٢.٥٩	٢.٤١	٢.٢٢	١.٨٥	١.٦٧	١.٤٨	٣٧
٣.٨	٣.٥٠	٣.٢٣	٣.٠٤	٢.٨٥	٢.٦٦	٢.٤٧	٢.٢٨	١.٩٠	١.٧١	١.٥٢	٣٨
٣.٩	٣.٥٩	٣.٣٢	٣.١٢	٢.٩٣	٢.٧٣	٢.٥٤	٢.٣٤	١.٩٥	١.٧٦	١.٥٦	٣٩
٤.٠	٣.٦٨	٣.٤٠	٣.٢٠	٣.٠٠	٢.٨٠	٢.٦٠	٢.٤٠	٢.٠٠	١.٨٠	١.٦٠	٤٠
٤.١	٣.٧٧	٣.٤٩	٣.٢٨	٣.٠٨	٢.٨٧	٢.٦٧	٢.٤٦	٢.٠٥	١.٨٥	١.٦٤	٤١
٤.٢	٣.٨٦	٣.٥٧	٣.٣٦	٣.١٥	٢.٩٤	٢.٧٣	٢.٥٢	٢.١٠	١.٨٩	١.٦٨	٤٢
٤.٣	٣.٩٦	٣.٦٦	٣.٤٤	٣.٢٣	٣.٠١	٢.٨٠	٢.٥٨	٢.١٥	١.٩٤	١.٧٢	٤٣
٤.٤	٤.٠٥	٣.٧٤	٣.٥٢	٣.٣٠	٣.٠٨	٢.٨٦	٢.٦٤	٢.٢٠	١.٩٨	١.٧٦	٤٤
٤.٥	٤.١٤	٣.٨٣	٣.٦٠	٣.٣٨	٣.١٥	٢.٩٣	٢.٧٠	٢.٢٥	٢.٠٣	١.٨٠	٤٥
٤.٦	٤.٢٣	٣.٩١	٣.٦٨	٣.٤٥	٣.٢٢	٢.٩٩	٢.٧٦	٢.٣٠	٢.٠٧	١.٨٤	٤٦
٤.٧	٤.٣٢	٣.٤٠	٣.٧٦	٣.٥٣	٣.٢٩	٣.٠٦	٢.٨٢	٢.٣٥	٢.١٢	١.٨٨	٤٧
٤.٨	٤.٤٢	٤.٠٨	٣.٨٤	٣.٦٠	٣.٣٦	٣.١٢	٢.٨٨	٢.٤٠	٢.١٦	١.٩٢	٤٨
٤.٩	٤.٥١	٤.١٧	٣.٩٢	٣.٦٨	٣.٤٣	٣.١٩	٢.٩٤	٢.٤٥	١.٢١	١.٩٦	٤٩
٥.٠	٤.٦٠	٤.٢٥	٤.٠٠	٣.٧٥	٣.٥٠	٣.٢٥	٣.٠٠	٢.٥٠	٢.٢٥	٢.٠٠	٥٠



إذا تم معرفة نسبة العنصر في الخامة ونسبة الخامة في شحنة الفرن ، والجدول رقم (١١) يستعمل في حساب نسبة العنصر التي تشارك بها الخامة في الشحنة . ولهذا السبب فإن شحنة من زهر تماسيح بنسبة ٦٥٪ تحتوي على سيليكون بنسبة ١.٨٪ سوف تساهم بنسبة ١.١٧٪ سيليكون في إجمالي شحنة الفرن ، كما هو موضح بالجدول . وبالمثل فإن ٣٥٪ خردة الصلب تحتوي على سيليكون بنسبة ٠.١٪ سوف نجد أنها تشارك بسيليكون بنسبة ٠.٠٤٪ من إجمالي شحنة الفرن ، وعلى هذا فيكون إجمالي مجموع السيليكون في الشحنة عبارة عن  $١.١٧ + ٠.٠٤ = ١.٢١٪$  .

وبعد هذا العرض لبيان كيفية أن هذا الجدول يمكنه المساعدة في حساب تركيب الشحنة بطريقة بسيطة ، فإن حساب شحنة لإنتاج زهر Grade 17 يمكن إجراؤه . وإذا كان الهدف هو إجراء حسابات هذه الشحنة فنفترض أن تركيب الزهر المطلوب هو كربون بنسبة ٣.١٪ وسيليكون بنسبة ١.٧٥٪ ومنجنيز بنسبة ٠.٧٪ والكبريت أقل من ٠.١٥٪ والفوسفور أقل من ٠.٣٪ وعلى فرض أن الشحنة التي سبق أن حددناها سوف تستعمل . والتحليل التقريبي للخامات الداخلة في شحنة الفرن موضحة في جدول رقم (١٢) .

جدول (١٢) تركيب خامات الشحنة

الخامة	كربون %	سيليكون %	منجنيز %	فوسفور %	كبريت %
حديد تماسيح A	٣.٧	٢.٥	١.٠	٠.١٥	٠.٠٣
حديد تماسيح B	٣.٠	٢.٩	٠.٩	٠.١٠	٠.٠٤
خردة موتورات	٣.٢	٢.٢	٠.٨	٠.١٥	٠.١٥
خردة Grade 17	٣.١	١.٧	٠.٧	٠.١٠	٠.١٣
خردة صلب	٠.١	٠.١	٠.٢	٠.٠٥	٠.٠٥

وشحنة هذا الفرن مكونة من نوعين من حديد زهر التماسيح (A&B) بالإضافة إلى موتورات خردة ، وهي تعتبر مصدر خردة الحديد الزهر منخفض الفوسفور . وفي البداية نقول : إنه يفضل استعمال زهر التماسيح من النوع A عن النوع B . وجدول رقم (١٤) موضح به حسابات الشحنة ؛ ونسب عناصر الكربون والسيليكون والفوسفور والكبريت

والمنجنيز التي تساهم بها كل خامة داخلية في شحنة الفرن موضحة بجدول رقم (١٤) وقد تم الاستعانة بالجدول رقم (١١) وبإجراء عملية الجمع البسيط يمكن استنتاج تركيب الشحنة الإجمالي .

جدول (١٤) حسابات الشحنة نموذج (١)

نسبة المساهمة في التركيب النهائي					الخامة
كربون %	سيليكون %	منجنيز %	كبريت %	فوسفور %	
٠.٩٣	٠.٦٣	٠.٢٥	٠.٠٠٨	٠.٠٥	حديد تماسيح A ٢٥
٠.٤٨	٠.٣٣	٠.١٢	٠.٠٢٣	٠.٠٣	خرقة موقورات ١٥
١.٠٩	٠.٦٠	٠.٢٥	٠.٠٤٦	٠.٠٤	خرقة Grade 17 ٢٥
٠.٠٣	٠.٠٣	٠.٠٥	٠.٠١٣	٠.٠١	خرقة صلب ٢٥
					سبائك حديدية
٢.٥٣	١.٥٩	٠.٦٧	٠.٠٩	٠.١٣	تركيب الشحنة
٠.٧٦+	٠.٢٢-	٠.١٧-	٠.٠٤+	—	التغيير أثناء الصهر
٣.٢٩	١.٣٧	٠.٥٠	٠.١٣	٠.١٣	تركيب المعدن عند فتحة البزل
	٠.٢٥+				اضافات البوتقة
٣.٢٩	١.٦٢	٠.٥٠	٠.١٣	٠.١٣	التركيب النهائي

بعد ذلك يجب تصحيح تركيب مكونات الشحنة طبقاً للتغيرات التي تحدث أثناء عملية الصهر داخل الفرن ، وفي هذه الحالة يمكن خصم ١٥٪ من شحنة السيليكون تمثل نسبة الفقد ، كما يتم خصم ٢٥٪ من نسبة المنجنيز أيضاً . أما الفوسفور فمن المتوقع ألا يتغير . وبعد حساب نسبة السيليكون والفوسفور عند فتحة الصب ، وبعد معرفة مستوى الكربون في الشحنة فيمكن الاعتماد على المعادلة السابقة لحساب نسبة الكربون عند فتحة الصب في أفران الدست ذات الصب المستمر . أما بالنسبة للكبريت فإنه لا يمكن حسابه إلا عن طريق الخبرات السابقة المكتسبة من تشغيل فرن الدست ، وفي هذه الحالة التي نحن بصددتها تتم حسابها على اعتبار نسبة الكبريت ٠.٠٤٪ . كما أن المعدن المتجمع في بوتقة الفرن كان يضاف إليه فيروسيليكون بنسبة ٠.٢٥٪ لرفع نسبة السيليكون في المعدن .

وبالمقارنة بين تركيب العناصر في الحساب النهائي وبين التركيب المطلوب Target فإننا نجد أن نسبة الكربون بها زيادة حوالى ١٩.٠٪ ، أما السيليكون والمنجنيز فنجد كلا منهما أقل من المطلوب ، لكن يمكن تصحيح نسبتهما بإضافة سبائك حديدية . أما الكبريت والفوسفور فهما أقل من الحد الأقصى المسموح به The Permitted Maxima ؛ ولإجراء عملية تخفيض لنسبة الكربون المرتفعة أكثر مما يجب فإنه يتم استعمال زهر التماسيح من النوع B المنخفض الكربون ( إذا كان ذلك متاحاً ) فى شحنة الفرن ليعطى النسبة المطلوبة للكربون . والجدول رقم (١٥) يبين حسابات الشحنة عند استعمال زهر تماسيح من النوع B . فكمية الكربون التى يساهم بها زهر التماسيح بنسبة ٢٥٪ انخفضت من ٩٣.٠٪ ( عند استعمال زهر التماسيح A ) لتصبح ٧٥.٠٪ ( عند استعمال زهر التماسيح B ) . أما باقى حسابات الشحنة فتتم بنفس الطريقة السابقة وعلى الرغم من أن نسبة الكربون ( ٣.١٩٪ ) مازالت مرتفعة عن المطلوب إلا إنها أصبحت داخل النطاق المطلوب والحدود المقبولة ( ٣.٠ - ٣.٢٪ ) فى النوع Grade 17 . ومرة أخرى يمكن تصحيح نسب السيليكون والمنجنيز ، وذلك بإضافة سبائك حديدية . أما نسب الكبريت والفوسفور فلن تزيد عن الحدود القصوى المسموح بها .

جدول (١٥) حسابات الشحنة نموذج (٢)

نسبة المساهمة فى التركيب النهائي					الخامة
كربون %	سيليكون %	منجنيز %	كبريت %	فوسفور %	
٧٥.٠	٧٣.٠	٢٣.٠	١٠.٠	٣.٠	حديد تماسيح B ٢٥
٤٨.٠	٣٣.٠	١٢.٠	٢٣.٠	٣.٠	خردة موتورات ١٥
٩.٠	٦.٠	٢٥.٠	٤٦.٠	٤.٠	خردة Grade 17 ٣٥
٣.٠	٣.٠	٥.٠	١٣.٠	١.٠	خردة صلب سبائك حديدية ٢٥
٢.٣٥	١.٦٩	٠.٦٥	٠.٩٢	٠.١١	تركيب الشحنة
٠.٨٤+	٠.٢٥-	٠.١٦-	٠.٠٤+	—	التغيير أثناء الصهر
٣.١٩	١.٤٤	٠.٤٩	٠.١٣٢	٠.١١	تركيب المعدن عند فتحة البزل
	٠.٢٥				اضافات البوتقة
٣.١٩	١.٦٩	٠.٤٩	٠.١٣٢	٠.١١	التركيب النهائي



إن الطريقة البديلة لتخفيض نسبة الكربون ، عند فتحة الصب بدون استخدام زهر تماسيح منخفض الكربون ، هي تغيير نسب الخامات الداخلة في شحنة الفرن ، فمثلاً نفترض أن زهر التماسيح A تم تخفيض نسبته من ٢٥٪ إلى ٢٠٪ وتم زيادة نسبة خردة الصلب من ٢٠٪ إلى ٢٥٪ ؛ وبإجراء هذا التغيير فإننا سنحصل على فائدة إضافية ، هي تخفيض تكلفة الطن من الخامات المعدنية المشحونة . والجدول رقم (١٦) يوضح حسابات شحنة الفرن بعد تخفيض نسبة زهر التماسيح إلى ٢٠٪ وفي هذه الحالة سيتم إضافة سيليكون ومنجنيز بنسبة ٠.٣٠٪ على شكل سبائك حديدية أو قوالب لشحنة الفرن ، مع افتراض نفس نسب الفقد أو الكسب للعناصر المختلفة Losses or Gains كما في الحسابات السابقة ؛ وبذلك يكون التركيب النهائي للمعدن في بوتقة الفرن هي كما يلي :

٣.١٧٪ كربون ، ١.٧٥٪ سيليكون ، ٠.٧٠٪ منجنيز ، ٠.١٣٪ كبريت ، ٠.١١٪ فوسفور ، وبذلك تصبح عناصر السيليكون والمنجنيز والكبريت والفوسفور في الحدود المطلوبة . أما بالنسبة للكربون فما زال مرتفعاً قليلاً لكن داخل النطاق المقبول للكربون في Grade 17 . وإذا كان مطلوباً إجراء تخفيض آخر للكربون فإنه يمكن استعمال زهر تماسيح من النوع B بدلاً من زهر التماسيح A ، وبذلك تنخفض نسبة الكربون عند فتحة الصب لتصبح ٣.١٪ .

جدول (١٦) حسابات الشحنة نموذج (٣)

نسبة المساهمة في التركيب النهائي					الخامة
كربون %	سيليكون %	منجنيز %	كبريت %	فوسفور %	
٠.٧٤	٠.٥٠	٠.٢٠	٠.٠٠٦	٠.٠٣	حديد تماسيح A ٢٠
٠.٤٨	٠.٣٣	٠.١٢	٠.٠٢٣	٠.٠٣	خردة موتورات ١٥
١.٠٩	٠.٦٠	٠.٢٥	٠.٠٤٦	٠.٠٤	خردة Grade 17 ٣٥
٠.٠٣	٠.٠٢	٠.٠٥	٠.٠١٥	٠.٠١	خردة صلب ٣٠
٠.٣٠	٠.٣٠	٠.٣٠			سبائك حديدية
٢.٣٤	١.٧٦	٠.٩٣	٠.٠٩٠	٠.١١	تركيب الشحنة
٠.٨٣+	٠.٢٦-	٠.٢٣-	٠.٠٤٠+	—	التفسير أثناء الصهر
٣.١٧	١.٥٠	٠.٧٠	٠.١٣٠	٠.١١	تركيب المعدن عند فتحة البزل
	٠.٢٥				إضافات البوتقة
٣.١٧	١.٧٥	٠.٧٠	٠.١٣٠	٠.١١	التركيب النهائي

وبناء على ذلك فمن الواضح أنه للحصول على زهر بالتركيب المطلوب عند المصبب The Spout باستعمال الخامات المتاحة يجب تعديل تركيب شحنة الفرن المثالية ، والتي سبق تحديدها من قبل .

وبعد تحديد نسب جميع خامات الشحنة فإن الوزن الإجمالي للشحنة يجب أن يحسب مع تحديد الوزن الخاص لكل خامة على حدة ، ويجب أن تكون شحنة الفرن تمثل حوالى  $\frac{1}{10}$  من وزن المعدن المنصهر فى مدة ساعة داخل فرن الدست . فى حالة تشغيل الهواء باستمرار؛ بحيث يتم شحن ١٠ شحنات Charges فى الساعة الواحدة داخل فرن الدست . فمثلاً إذا كان معدل الصهر ١٠ طن / ساعة فإن وزن الشحنة الواحدة يكون حوالى طن واحد . أما بالنسبة للشحنة الموضحة فى جدول (١٦) فإن أوزان الخامات المكونة لشحنة الفرن تكون على النحو التالى :

٢٠٠ كجم	حديد زهر تماسيح منخفض الفوسفور
١٥٠ كجم	موتورات خرقة
٣٥٠ كجم	خرقة زهر Grade 17
٣٠٠ كجم	خرقة صلب

ومن أجل حساب كمية السبائك الحديدية اللازمة لإضافة السيليكون والمنجنيز بنسبة ٠,٣٪ فيمكن استعمال جدول رقم (٨) لهذا الغرض . وكما هو موضح بهذا الجدول ، فإنه يلزم إضافة ٣ كجم سيليكون صافى و ٣ كجم منجنيز صافى لإضافة ٠,٣٪ من هذه العناصر لكل طن من المعدن . وإذا كان السيليكون والمنجنيز موجودين على شكل قوالب ؛ وكل قالب يحتوى على كيلو جرام واحد من العنصر المطلوب ، إذن فيلزم إضافة ثلاثة قوالب لكل شحنة ، وإذا كانت نسبة السيليكون فى السبيكة ٥٠٪ فقط من الكمية المطلوبة فيلزم إضافة ٦ قوالب لكل شحنة .

### الشحنة ذات التكلفة الأقل Least Cost Charge

هناك العديد من الطرق ، والتي تعطى لشحنة الفرن التركيب المطلوب للمعدن عند فتحة الصب ، فمثلاً إذا كان هناك ثمانى خامات مختلفة مخصصة للشحن موجودة فى

حوش التخزين Stock Yard ومطلوب خمس خامات فقط لشحنها في القرن ، فعلى ذلك يكون هناك حوالي ٥٦ خلطة من خلطات الشحن تعطى نفس التركيب المطلوب والصحيح عند فتحة الصب ؛ وسيوجد من هذا العدد كله خلطة واحدة فقط هي أقل الخلطات تكلفة وأقلها سعراً ، وهي التي تعطى أعلى ربحية لكل طن من المسبوكات المنتجة . وفي أغلب الظروف نجد أنه من الصعب على مهندس الميتالورجى تقدير أو تحديد أرخص خلطة من هذه الخلطات . ولهذا فقد قامت BCIRA بتطوير وإمداد المسابك ببرنامج كومبيوتر يمكنه القيام بهذه العملية في أسرع وقت وإعطاء المعلومات المطلوبة . ويقوم هذا البرنامج بثلاث عمليات هي على النحو التالي :

- ١- استخدام الخامات المخزونة في حوش التخزين الاستخدام الأمثل .
- ٢- بيان كيفية استعمال خامات بديلة لم يتعود المسبك على شرائها .
- ٣- حساب حدود الضوابط المعينة والتي قد تؤدي إلى خفض الوفر الذي يمكن الحصول عليه .

هذا وقد قام العديد من المسابك بالاستفادة من هذا البرنامج ، وقد أدى هذا إلى حدوث وفر في كل مسبك . ففي أحد المسابك كانت قيمة الوفر ٢.٢ جنيه / طن وذلك بالاستعمال الجيد للخامات الموجودة فعلاً في حوش التخزين ، وعند استخدام خامات بديلة Alternative Raw Materials فإن الوفر يزداد إلى حوالي ٣.٥٣ جنيه استرليني / طن .

ومن الواضح أن إمكانية خفض تكلفة الشحنة لأكثر من هذا تصبح صعبة ، وذلك بسبب ضرورة عدم زيادة نسب الكبريت عن ٠.٠٥٪ وقد تم إجراء اختبارات لتحديد أقصى تخفيض لتكلفة الشحنة يمكن الحصول عليه ، إذا تم التغاضي عن شرط نسبة الكبريت وقد اتضح أنه إذا سمح بزيادة الكبريت بحد أقصى ٠.٠٥٢٪ فإنه يمكن الحصول على وفر إضافي مقداره ٠.٩٦ جنيه استرليني / طن .

والنقطة الأخيرة التي يجب أن توضع في الاعتبار بعد تحديد الأوزان المضبوطة من مختلف الخامات المطلوبة في شحنة القرن ؛ فمن المهم جداً أن يتم وزن الخامات بدقة تامة ، ولا يمكن توقع أن يكون تركيب المعدن المنصهر عند فتحة الصب تركيباً متجانساً ، إلا إذا تم التأكد من سلامة أوزان الخامات المختلفة في كل شحنة من شحنات القرن .





## الباب الثامن

### طرق مناولة الخامات وتخطيط حوش التخزين

### Material Handling and Stockyard Layout

نتيجة لتأثير ثقل الخامات واختلاف أنواعها ، فإن المشاكل المصاحبة لكل من عملية شحن فرن الدست وعملية تخطيط أرضية حوش التخزين تعتبر من أساسيات عملية مناولة الخامات . وكما فى حالات أخرى كثيرة فإننا نلجأ إلى استخدام طرق ميكانيكية Mechanized Methods لنقل الخامات كوسيلة للتغلب على مشاكل قلة العمال Shortage of Labour وارتفاع تكاليفهم High Cost . وعلى الرغم من أن العديد من المسابك مازال إلى يومنا هذا يعتمد كليةً على المجهود البشرى فإن انتشار طرق الشحن الميكانيكية فى تزايد مستمر . وقد حدث تطور هائل فى تصميم هذه المعدات ودرجة الاعتماد عليها ؛ وهناك الآن العديد من الأنظمة الجيدة فى هذا المجال التى تم إنشاؤها بالفعل والمتاحة والممكنة للصناعة .

إن عملية شحن فرن الدست مرتبطة تماماً بتخطيط حوش التخزين Stock-Yard Layout وبناء على ذلك ، فإنه من المستحيل الاهتمام بأحدهما دون الآخر عند إجراء أى تطوير أو تحسين لكفاءة الأداء . وعند وضع صيغة لآى خطة للتحسين فإنه يجب التحقق من العوامل الأساسية التالية :

- ١- إمداد فضاء المخزن بالكميات المناسبة من الخامات الأولية ، ويجب أن يحتل حجم المخزن الاستهلاك اليومى من الخامات بالإضافة إلى الخامات التى يتم توريدها لإحلالها محل الخامات المستهلكة .
- ٢- المحافظة على الخامات المخزونة بحيث تكون قريبة بقدر الإمكان من الفرن ، وذلك لتسهيل عملية نقلها المتلاحق .
- ٣- دمج وضم الوسائل المستخدمة فى نقل الخامات ، وذلك بهدف تقليل المجهود البشرى المبذول .

٤- يجب أن يتوافق موقع المعدات المستعملة مع النواحي الفنية لكل من وحدة الصهر ، ومعدل الصهر وعدد الأفران التى ستقوم بخدمتها ، وعملية تجهيز الشحنة وغيرها .

٥- يجب أن تتوافر المعرفة الحقيقية للحدود المفروضة بحكم ظروف المكان . ويقدر الإمكان يجب على المخطط أن يحصل على ميزة طبيعة المكان .

٦- إن التكاليف الرئيسية والتى تشمل عملية إعادة التخطيط يجب أن تتوازن مع الوفرة فى أجور العمال فى كم معقول من الخامات . مع الأخذ فى الاعتبار عملية التوسع فى المستقبل ومتطلبات المسبك مستقبلاً من الزهر المنصهر .

ومادام قد أصبح معلوماً لنا بعض المبادئ الأساسية المحددة جيداً ، فإن عملية تنفيذها لاتعتبر فرضاً مباشراً ، ولكن على كل مسبك أن يتخير كل ما هو ضرورى له حسب تقديراته .

### كيفية الاستفادة من العمال Labour Utilization

بدايةً يمكن أن نقول : إنه من المفيد أن نعتبر الطريقة المعتادة لشحن الفرن من فوق الصندرة Platform Charging ماتزال هى الطريقة المعتادة فى العديد من المسابك إلى يومنا هذا . وبناءً على ذلك فيمكن تكوين صورة أوضح عن قيمة المعدات الميكانيكية المستخدمة فى الشحن ومدى إمكانيات التطوير الذى يمكن إجراؤه .

وفى مثل هذه الطريقة للشحن فإنه من المعتاد إجراء عملية الصهر لمدة محدودة فى نهاية اليوم وذلك لإتاحة وقت أطول بقدر الإمكان لاستكمال عملية التشكيل Moulding .

وبما أن شحنات الخامات التى يمكن صهرها تتراوح بين حوالى ٢ طن وبين ٥٥ طن ، فنادرًا ماتصل مدة الصهر إلى ثلاث ساعات فى الصهرة الواحدة . وهذه النوعية من طرق الصهر ( ولزمن طويل ) تعتمد على طريقة أساسية لأسلوب الشحن حيث عادة ما يتم البدء فى استخدام العمال خلال الساعات السابقة لعملية الصهر فى تجميع الشحنة ونقلها من حوش التخزين إلى الفرن ، عن طريق عربات اليد ذات العجلة الواحدة ( البراويطة ) Wheel-Barrows وإذا كان موجوداً وسيلة ميكانيكية فيتم رفع الخامات لتخزينها على أرضية الصندرة أمام مستوى عتبة الشحن Charging Sill وذلك باستخدام مصعد رفع



Lift Hoist أو ونش ذات بكرة Hoist Block . وأثناء عملية الصهر يتم إعداد الخامات على شكل شحنات موزونة مع تغذية الفرن بالشحنات بواسطة اليد Hand Fed . وهذه الطريقة عموماً هي المستخدمة على نطاق واسع في معظم المسابك . والاختلاف الوحيد يكون في عدد العمال المستخدمين لإجراء هذه العملية .

وهذه الطريقة مرنة تماماً ويمكن تطبيقها في مدى واسع من الأول إلى الآخر وأيضاً في المسافة بين المخزن ووحدة الصهر . وعلى أى حال فإنها متوقفة على المجهود البشرى وفي المسافات الطويلة ، يمكن استخدام عدد أكبر من العمال بسبب ازواجية عملية نقل الخامات The Double Handling . وفي الوضع العادى يمكن الاستفادة من العمال بتقسيمهم إلى فريقين :

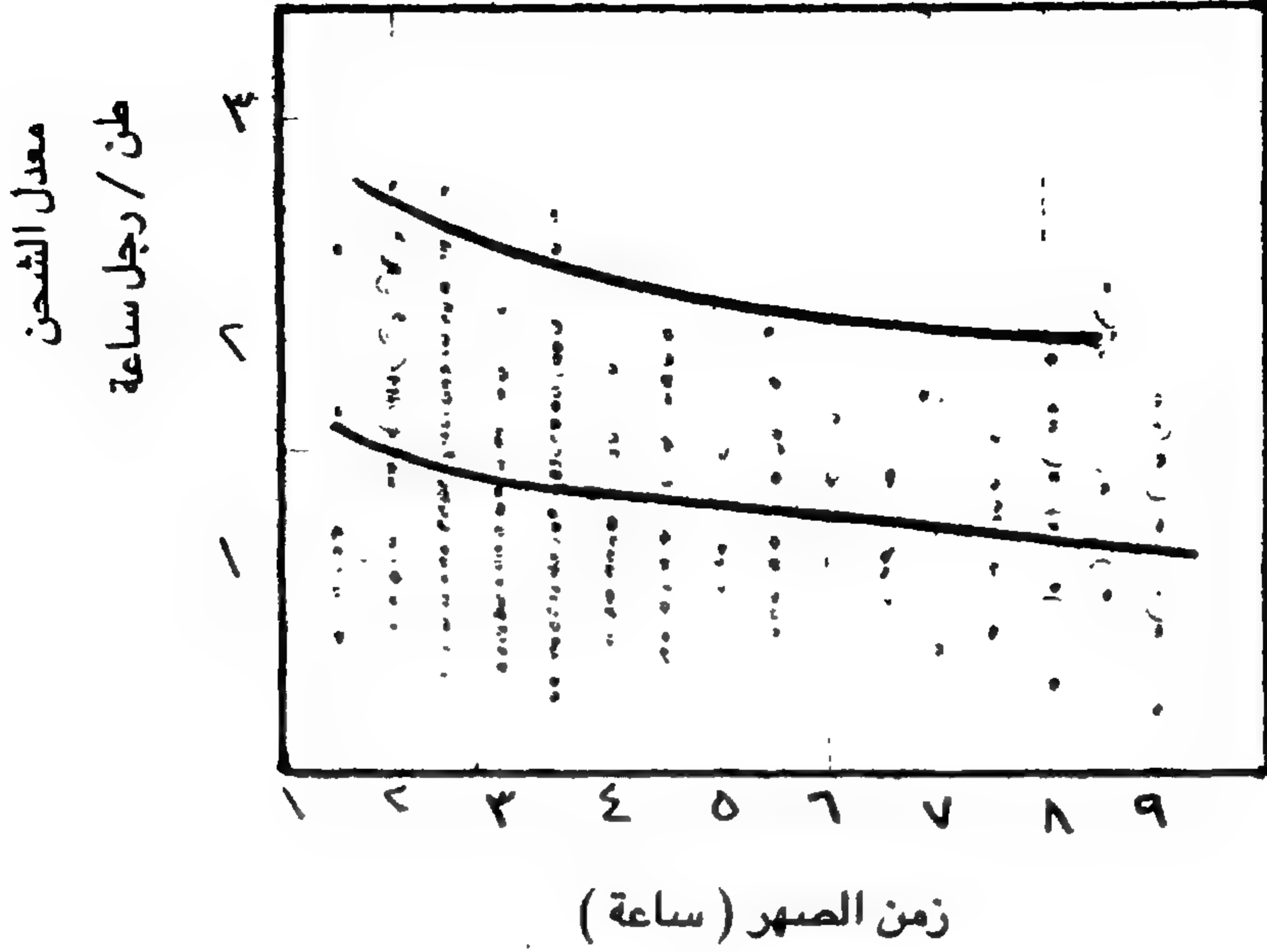
**الأول :** ويشمل العمل فوق الصندرة في إعداد الشحنات وتغذية الفرن بالخامات ، **والثاني :** في نقل الخامات من حوش التخزين إلى صندرة الفرن . وإلى حد بعيد يمكن اعتبار عملية شحن الفرن نفسه هي الأهم . ومن المعتاد عمل مقارنة على أساس عدد الأطنان من المعدن المشحون لكل عامل من العمال . وفي الواقع إنها تحتسب على أساس قسمة معدل الصهر على عدد العمال القائمين بشحن الفرن .

والشكل رقم (٣٩) يوضح القيم في حدود عدد الأطنان لكل رجل في الساعة ، بناء على ظروف العمل في ٤٠٠ مسبك في مقابل عدد ساعات الصهر .

وفي هذا الشكل تم تمثيل كل صهرة بنقطة يعتمد موقعها على مدة الصهر ومعدل الصهر وعدد العمال المستخدمين في الصهرة الواحدة . والخط السفلى في هذا الشكل يمكن الإعتماد عليه بنسبة ٩٥٪ لتحديد أقصى معدل للشحن والذي يمكن أن تصل إليه التوقعات بطريقة إحصائية . أما الخط العلوى فيمثل معدلات الشحن الفائقة ، والتي لا يمكن الوصول إليها إلا بنسبة تصل إلى ٥٪ فقط .

ويمكن استنتاج عدد من النقاط المهمة من هذه الدراسة وهي :

**أولاً :** سيتضح أن أقصى معدل للشحن نظرياً ينخفض كلما زادت فترة الصهر Melting Period من ٢.٧ طن / رجل ساعة في الصهرات القصيرة إلى حوالى ٢ طن / رجل ساعة في الصهرات الطويلة .



شكل (٣٩) معدلات أداء عمال شحن أفران الدست .

ثانياً : القيم العليا أى الموثوق بها ( التى يعتمد عليها ) فى حدود ٩٥٪ دائماً ما يصاحبها وسائل مناولة جيدة ، بينما تلك القيم القريبة من المتوسط أو الأقل من المتوسط فهي فقيرة من وسائل المناولة . وبمعنى آخر فإن القيم المحصورة بين الخط المتوسط وبين الحدود العليا تمثل درجات مختلفة من الكفاءة Efficiency اعتماداً على درجة الميكنة .

إن وسائل المناولة عند صندرة الشحن فى معظم المسابك ضئيلة جداً ، ولهذا السبب يتم استخدام عمال أكثر . ويتم وضع الخامات على أرضية الصندرة على شكل أكوام غير مميزة وعادة ما يتم وضع ميزان بارتفاع ١٥ سم على أرضية الصندرة . وعملية نقل الخامات من مخزن الصندرة عادة ما تتم على ثلاث أو أربع مراحل : الأولى هى نقل الخام من مكان التخزين Stocks إلى عربة اليد Barrow والثانية من عربة اليد إلى الميزان Weigh Scale والثالثة من على الميزان إلى الفرن . ومثل هذه الصندرة يمكن إجراء بعض التحسينات المقبولة عليها .

وأكثر الأنظمة فعالية هو النظام الذى يستعمل فيه ميزان نو قرص مدرج Dial Weigh Scale . مع استخدام قابوس قلاب معلق Tipping-Skip Suspended مركب

على عربة ترولى خفيفة Light Trolley ، ومحمول على طول قضيب حديدى مفرد معلق A Length of Monorail مثبت من أعلى Supported Overhead وينتقل بين أكوام الخامات وعتبة شحن الفرن Furnace Sill . ويتم ترتيب الشحنات من الخامات المختلفة حسبما هو مطلوب . ويقوم العامل فى النهاية بقلب الشحنة كلها مباشرة فى الفرن . وبهذه الطريقة فإن العمال لن يجدوا صعوبة فى إنجاز أقصى معدل للشحن ، والذي يتم تمثيله بحدود النسبة ٩٥٪ أو بمعدل ٢.٧ طن / رجل ساعة فى الصهرات القصيرة وبمعدل ٢ طن / رجل ساعة فى الصهرات الطويلة ( زمن تشغيل ٧ - ٨ ساعات ) .

والمعلومات التى من النوع الموضح بشكل رقم (٣٩) يمكن الحصول عليها من كل من الشحن من الصندرة ، أو من أماكن الشحن الأخرى التى يقوم العامل فيها بشحن القابوس أو الحلة Bucket فى مستوى الأرض . وبمقارنة المجموعتين من الأشكال نجد أن العمال المستخدمة تكون متساوية فى حالات تساوى معدلات الصهر وطول الصهرة . وفى الحقيقة إن هذا يدل على أن معدات الشحن الميكانيكية نفسها فى هذه الطريقة على وجه العموم لاتضمن حدوث وفر فى كمية ( عدد ) عمال الشحن الحقيقيين .

### نقل وتجهيز الخامات Reclamation of Materials

إن الجانب الآخر من استخدام العمال والذي يتعلق بإحضار الخامات من حوش التخزين إلى صندرة شحن الفرن ( والتى يتم فيها شحن الفرن ميكانيكياً باستخدام قابوس متحرك Skip Bucket ) وهذا موضح فى شكل رقم (٤٠) والذي يبين العلاقة بين عدد ( الرجل . ساعة ) المستهلكة فى نقل وإعداد الخامات لكل صهرة وبين كمية المعدن المنتج فى الصهرة نفسها ، وذلك فى ثلاث مجموعات من المسابك .

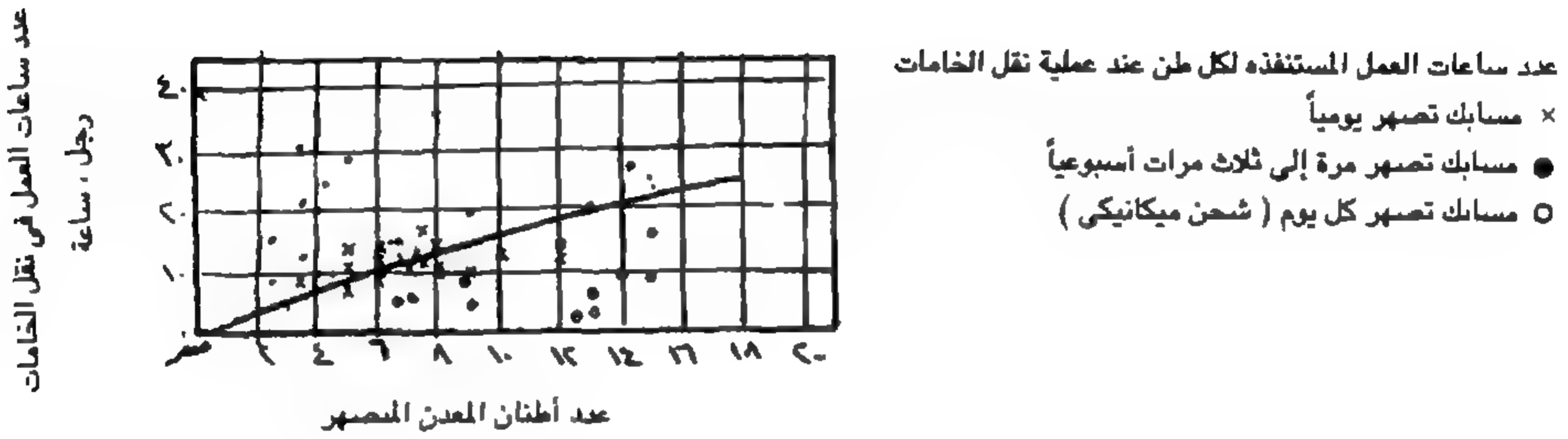
المجموعة الأولى تشمل المسابك التى تستعمل طريقة الشحن من على الصندرة ، والتى تقوم بالصهر كل يوم لمدة ثلاث أو أربع ساعات يومياً . والمجموعة الثانية تشمل المسابك التى تستعمل أيضاً طريقة الشحن من فوق الصندرة ولكنها تقوم بعملية الصهر مرة أو مرتين اسبوعياً ، وفى هذه المجموعة فإن مشكلة المناولة ليست أكبر من حالتها فى المجموعة الأولى ، ويرجع ارتفاع عدد ( الرجل . ساعة ) المستهلك فى نقل الخامات نتيجةً لحقيقة أن العمال تقوم باستهلاك الوقت ، والذي يكون متاح بصورة أكبر بكثير من الوقت



المطلوب بالفعل .

أما المجموعة الثالثة فتشمل المسابك التى تستعمل طريقة الشحن الميكانيكى فى شحن الأفران حيث يقوم بالصهر كل يوم . وانخفاض عدد ( الرجل . ساعة ) المستهلكة فى إحضار الخامات واعدادها فى المسابك التى تستخدم معدات الشحن الميكانيكى يرجع إلى حقيقة أن معظم عمليات نقل الخامات تتم أثناء فترة الصهر نفسها .

ومن المفهوم ضمناً أن القيمة الحقيقية لطريقة الشحن الميكانيكية يتم إدراكها فقط إذا كانت شحنات الخامات موضوعة قريبة من وحدة الشحن . وكلما بعدت رقعة المخزن عن الفرن كلما زادت الحاجة لعمال أكثر لنقل الخامات ، وفى حالة نقل كميات قليلة تصبح القيمة الكلية لمعدات الشحن الميكانيكى معدومة تماماً .



شكل (٤٠)

وعلى الرغم من أن المزايا الأساسية لوحدة الشحن الميكانيكية هى فى الأساس تخفيض عدد العمال المطلوبين للشحن ، فإن هناك نواحي إضافية يجب ملاحظتها ، وهى :

١- عند استعمال معدات الشحن الميكانيكى يمكن للعمال أن يمارسوا عملهم وهم فى مستوى أرضية المسبك ، وبالتالي لا يتعرضون للأبخنة أو الحرارة المتصاعدة ، والتى يمكن أن تسبب أحوال تشفىيل غير مرضية ، إذا ماتم الشحن فى مستوى الصنطرة .

٢- عملية الإشراف عموماً تكون سهلة وممكنة عندما يتم الشحن فى مستوى أرضية

المسبك .

٣- وإذا كانت تكلفة إقامة وحدة شحن ميكانيكية عالية فيمكن اعتبار أنها تتساوى مع تكلفة إقامة مصعد رفع Lift Hoist . وتكلفة تشييد صندرة بالحجم والمتانة المناسبين، لتتلاءم مع ثقل الخامات التي ستوضع فوقها والتي يجب أن تكفى التشغيل اليومي .

### وحدات الشحن الميكانيكية من نوع ونش القابوس المائل ونش السلة ذات القاع الساقط

#### Inclined Skip Hoist and Drop Botton Bucket Hoist Charging Machines

من الأنواع الكثيرة المختلفة من وحدات الشحن الميكانيكية يفضل ونش رفع القابوس المائل Inclined Skip Hoist أو ونش رفع السلة ذات القاع الذى يمكن إسقاطه Drop Bottom Bucket Hoist . وهذه الوحدات تم تصنيعها لسنوات عديدة وهى تقوم بتغذية مايزيد على ١٠٠ مسبك بالخامات المطلوبة .

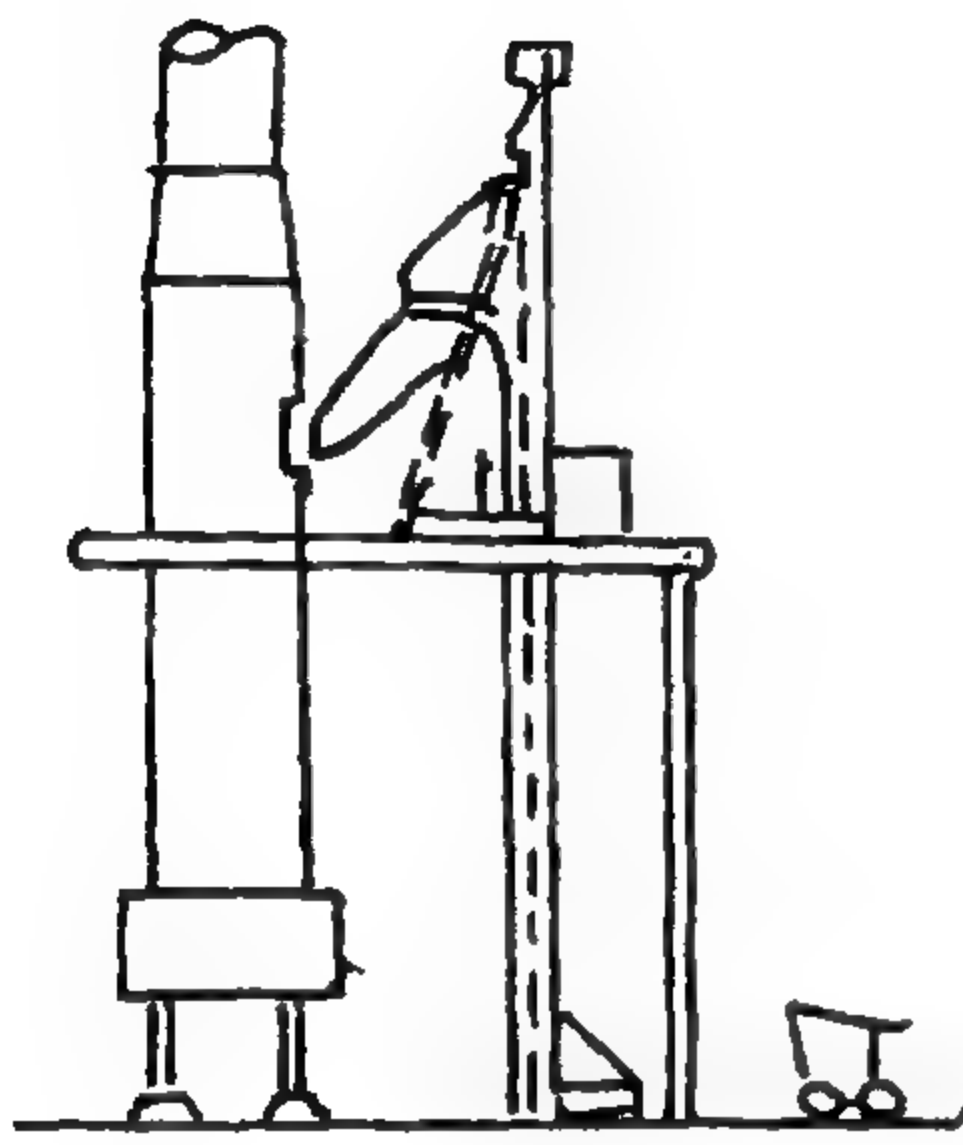
وهذه المعدات سهلة فى تشغيلها وصيانتها ونظام الشحن بالقابوس أو السلة ، تكاليف إنشاؤه رخيصة نسبياً . وأفران الدست التى يبلغ ارتفاعها العادى ٦ - ٧,٥ متر يكون زمن دورة الشحن فى حدود دقيقتين ، ولهذا فيمكن شحن مايعادل ١٥ شحنة فى الساعة مع شحن الفحم وحده .

ويتم استخدام ونش القابوس فى مدى كبير لمختلف معدلات الصهر ، وهذا النوع مناسب عموماً للأفران الصغيرة ، والتى يقل قطرها الداخلى عن ٩٠ سم ولايزيد معدل صهرها عن ٥ طن / ساعة . والسبب فى هذا التحديد هو ميل مكونات الشحنة إلى الانعزال Deposition عند انحدارها Ramping داخل الفرن .

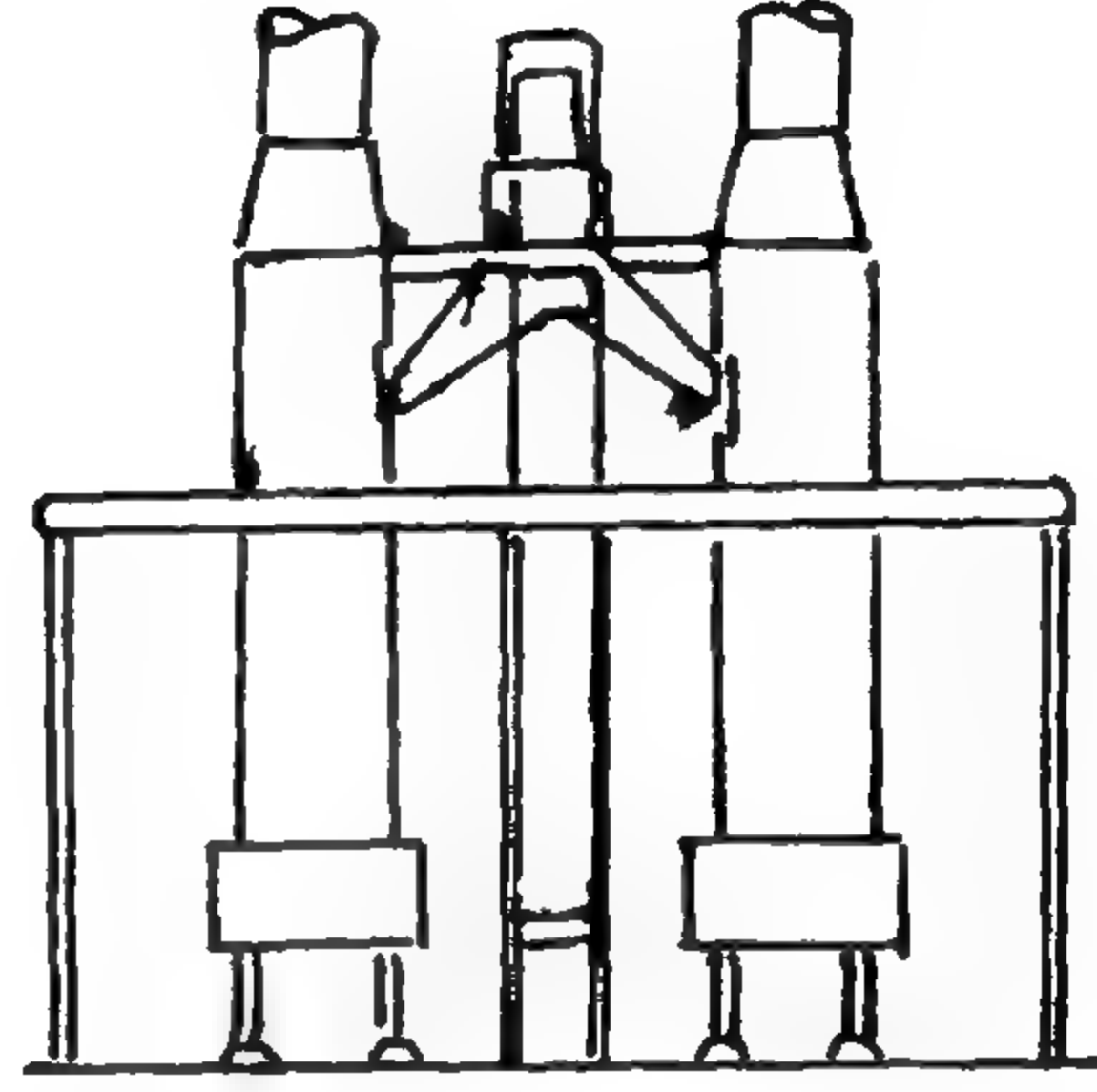
وعملية الانحدار هذه Ramping يظهر تأثيرها بشدة فى الأفران الواسعة ، وتصبح هذه العملية غير مرغوب فيها Undesirable إذا كانت الشحنة تتألف من عدد كبير من الخامات المختلفة وإذا كان مطلوباً الحصول على معدن منصهر يكون تركيب العناصر الداخلة فيه فى حدود ضيقة Closed Limits .

وقد أثبتت التجارب أن الشحنات تميل إلى أن تنتشر بطريقة أكثر انتظاماً إذا احتفظ مستوى المخزون بمسافة قصيرة تحت عتبة الشحن . ولهذا السبب فإن عتبة الشحن Charging Sill فى الأفران التى تشحن بهذه الطريقة يجب أن ترتفع بمقدار ٦٠ - ٩٠ سم أعلى من الأفران التى يتم شحنها يدوياً (Hand Charging) .

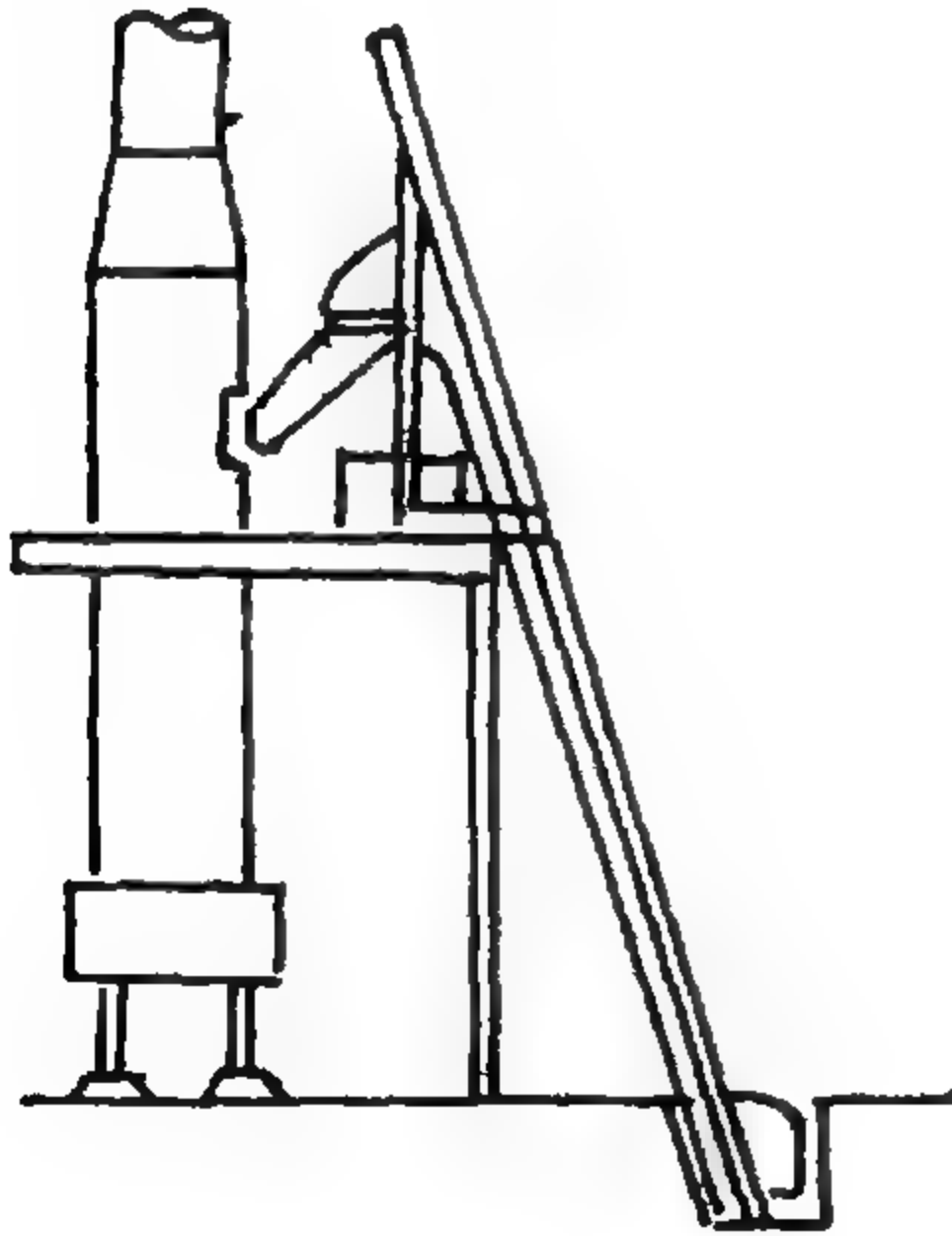
وحديثاً أصبح من المعروف إمكانية إنشاء ونش رافع بقابوس Skip Hoist بين زوج من الأفران ( كما فى شكل ٤١ ) ويقوم القابوس بتفريغ محتوياته إلى منحدر Chute من



مسقط جانبي



مسقط أمامي



مسقط جانبي

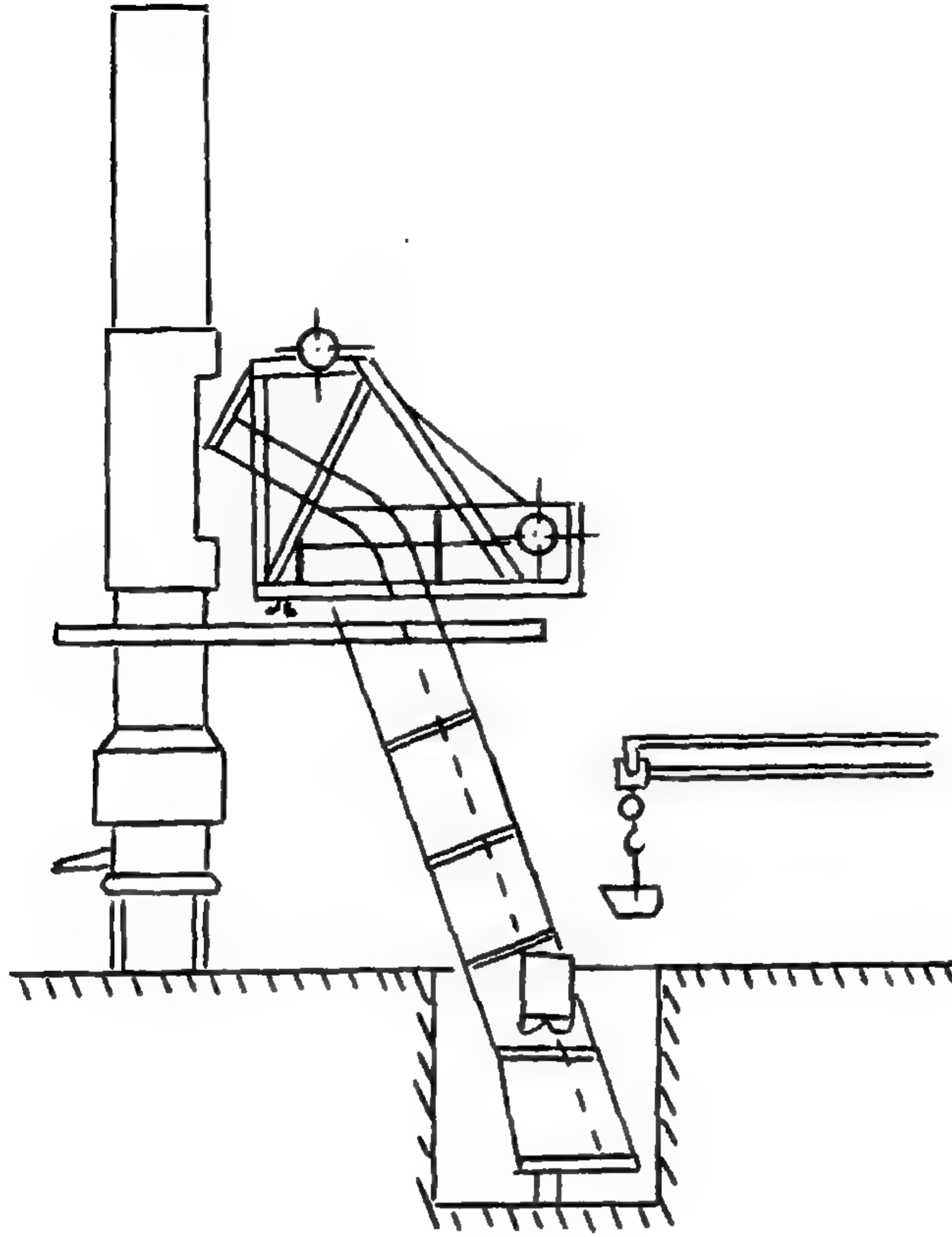
شكل (٤١) نظام شحن الدست باستخدام منحدرات التفريغ المشقوقة .



النوع المسمى رجل البنطلون Double Trouser Leg Type لذلك يطلق عليه اسم منحدر البنطلون القصير Breeches Chute . وتوجد ضلفة بوابة Flap Gate موضوعة في المنحدر لتوجيه الخامات إلى جهة الفرن الشغال ، وعلى الرغم من أن هذا النظام يعتبر أرخص من ناحية الإنشاء إلا أن الاتجاه الحديث يميل إلى إنشاء النوع السابق ، حيث إنه يمكن نقله من فرن إلى آخر حسب ظروف العمل .

ومن عيوب نظام منحدر البنطلون القصير Breeches-Chute مايلي :

- ١- هناك مخاطرة كبيرة من احتمال أن تنحسر Scaffold الشحنة في المنحدر .
  - ٢- إن عملية القيام بعمل صيانة أو ترميم في أحد الأفران تصبح صعبة جداً أثناء تشغيل الفرن الآخر مع ما يصاحب هذه العملية من ضجيج وأتربة متطايرة .
  - ٣- هناك مخاطرة كبيرة إذا لم يتم إحكام غلق Fastened بوابة المنحدر حيث إن الخامات قد تتحول إلى الفرن الآخر الذي يتم ترميمه .
- وفي حالة الأفران التي يزيد معدل الصهر فيها عن ٤ - ٥ طن / ساعة فإنه من المعتاد استخدام وحدة الشحن ذات السلة ذات القاع الساقط Drop-bottom Bucket Charger . والموضحة في شكل (٤٢) . مرة أخرى يمكن استخدام هذه الوحدة لتخدم فرنين في وقت واحد ، حيث يتم عمل تجهيزة ميكانيكية مخصصة Swivelling Mechanism . لتسمح لوحدة الشحن بالانتقال من فرن لآخر .
- والعديد من أفران الدست الحديثة يستعمل ناقل من النوع الهزاز Vibratory Conveyor ، وذلك لتغذية شحنة الخامات إلى الفرن بهدف تضيق فتحة الشحن أعلى الفرن . إن حجم الهواء الذي يتسرب إلى الفرن من خلال فتحة الشحن تتناسب طردياً مع مساحة هذه الفتحة ولتصميم بعض الأفران التي يتم فيها تركيب جهاز لشطف الأتربة منها Cupola Emission Control Equipment فإن كمية الهواء التي تدخل إلى الفرن بهذه الطريقة التي تؤثر على حجم وتكلفة جهاز الشطف المطلوب تركيبه : وهذه حالة مخصصة للأفران التي يزيد معدل الصهر فيها عن ١٠ طن / ساعة .



شكل (٤٢) وحدة الشحن المائلة ذات قابوس القاع الساقط .

### تخطيط حوش التخزين Stock Yard Layout

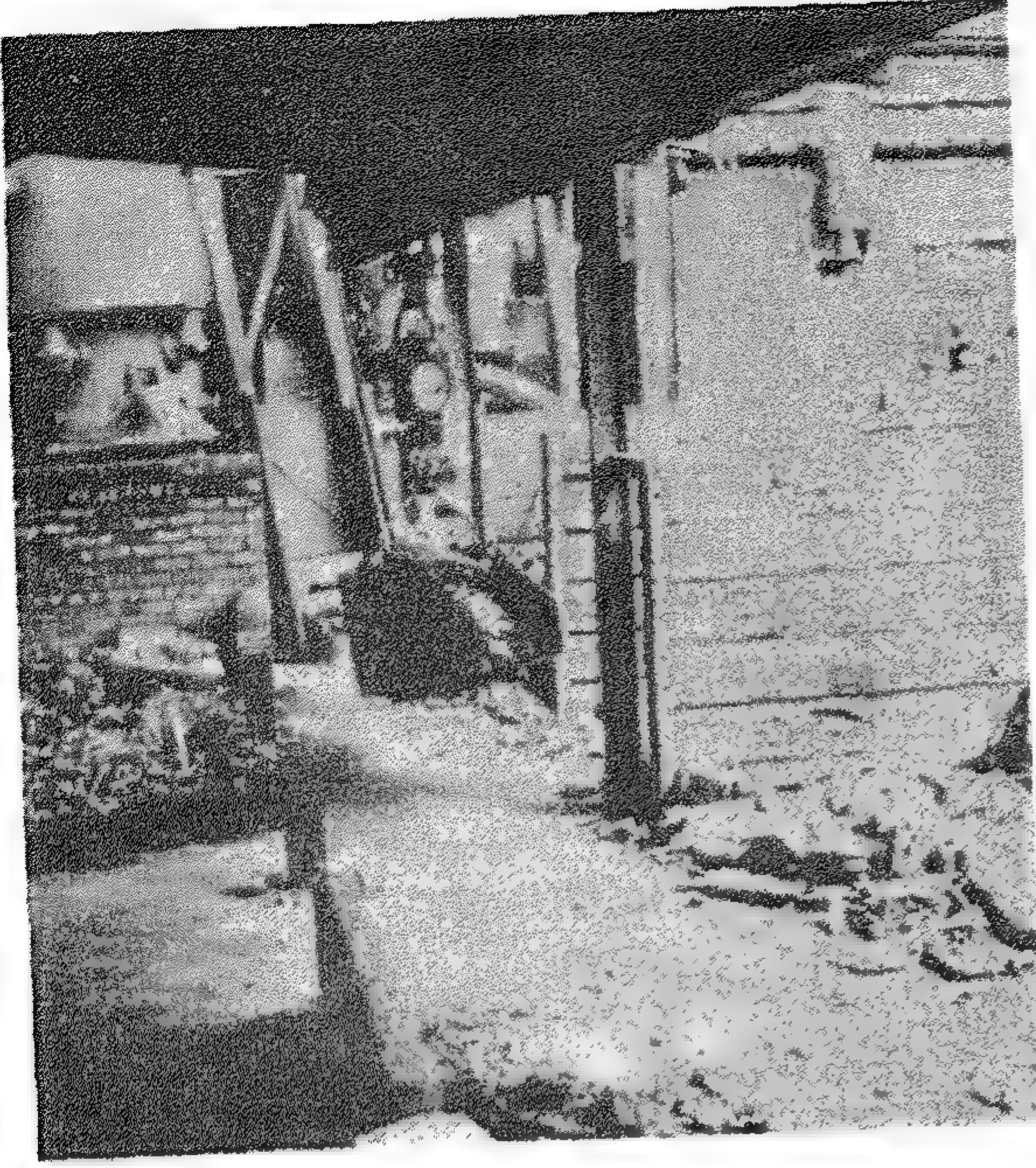
إن ميزة عملية الشحن الميكانيكية لا يمكن الحصول عليها إلا إذا كان مخزون الخامات أقرب ما يمكن من فرن الدست ، وبذلك يمكن إجراء عملية نقل الخامات من المخزن إلى معدات شحن الفرن في نفس الوقت الذي يجرى فيه شحن الفرن بالمعدات الميكانيكية .

### استخدام الميزان ذات القرص المدرج والمؤشر مع القابوس القلاب

#### The Use of Dial Weigh Scale and Tipping Skip

إذا كان الاستهلاك اليومي في حدود ٢٠ - ٢٥ طن ومعدلات الصهر حوالى ٤ - ٥ طن / ساعة فإن عملية تخطيط حوش التخزين تتم بطريقة بسيطة ولكنها فعالة وذلك





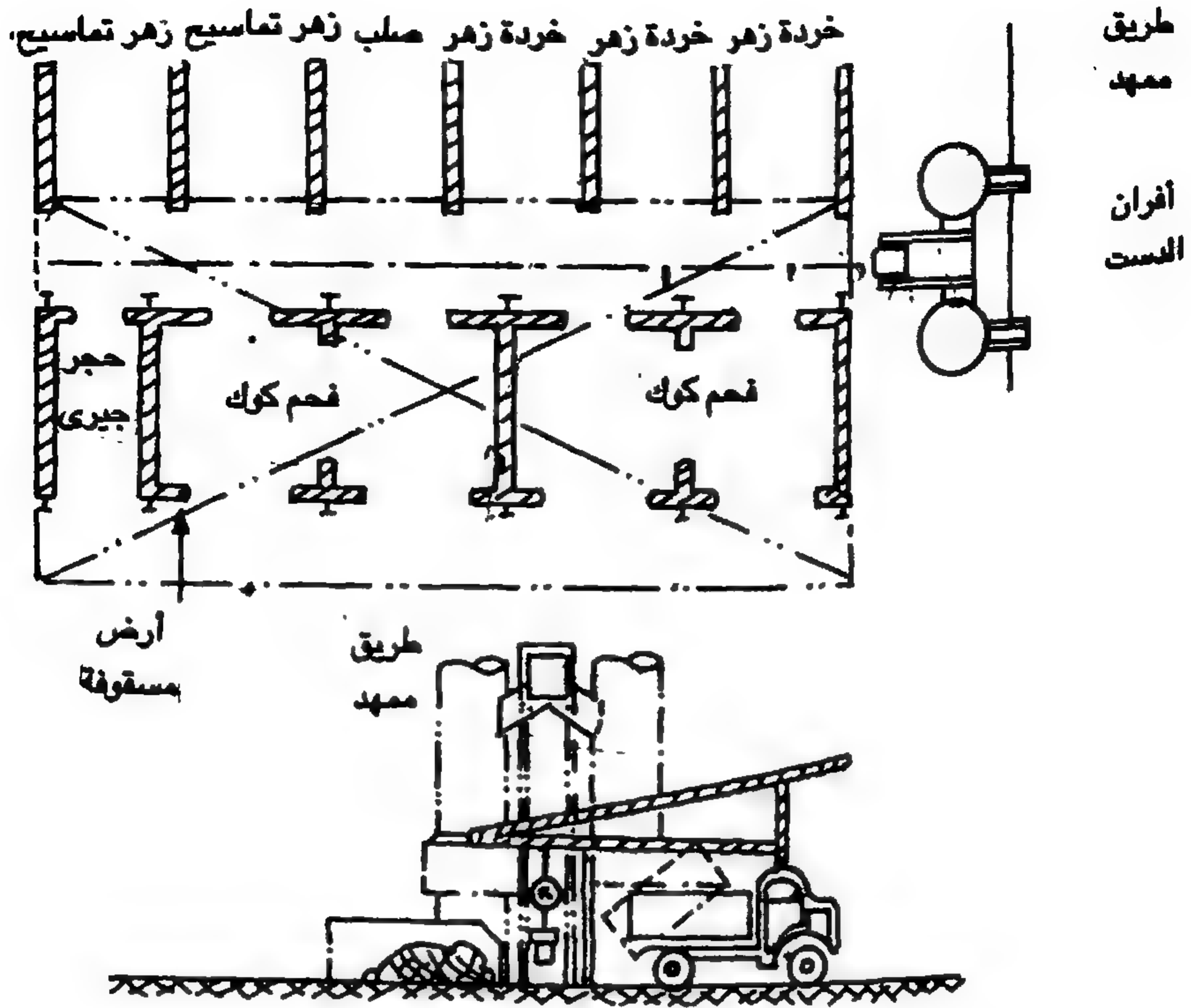
شكل (٤٣)

ميزان نو قرص دائري مع قابوس قلاب .

باستعمال الميزان المعلق ذات المؤشر  
Suspended Dial Weigher مع  
استعمال نظام القابوس القلاب  
بعد تعبئته بالخامات المطلوبة للفرن  
Tipping System of Charge  
Make up . والشكل رقم (٤٣)  
يوضح نموذج مثالي ، حيث تنتظم  
بناكر التخزين Stock Bunkers  
على جانبي الممر الرئيسي والذي  
يثبت فوقه القضيب المعلق الحديدي  
Monorail . وهذا القضيب المعلق  
يحمل عربة تروللي خفيفة والتي  
بدورها تحمل ميزاناً معلقاً ذا مؤشر  
وقرص مدرج بالإضافة إلى قابوس  
قلاب . ويقوم العامل بدفع هذه  
العربة عبر الممر الرئيسي Central

Pathway مع القيام بتجميع الخامات بالأوزان المطلوبة من البناكر المختلفة . ويتم عمل  
البناكر من الخرسانة المسلحة Reinforced Concrete ويفضل عملها من فلنكات السكك  
الحديدية القديمة Railway Sleepers . ويتم ترتيب البناكر لتصبح أوضاعها ملائمة لطبيعة  
عمل عربة الشحن القلاب ، ويتم تخزين الخامات المعدنية في جانب واحد ، بينما يخصص  
الجانب الآخر من الممر لتخزين الكوك ، مع ضرورة عمل سقف لمخزن الكوك لحمايته من  
ظروف الطقس ، كما هو مبين بشكل رقم (٤٤) .

عندما تكتمل الشحنة في القابوس يقوم العامل بدفعه في اتجاه الفرن ويقبله في  
قابوس الفرن القلاب Inclined Skip Charger . وهذا النظام يعتبر في مقدور عامل واحد  
فقط القيام به لشحن فرن معدل صهره ٢ طن / ساعة . ومن الضروري إضافة عامل آخر  
بمعنى أن الفرن الذي معدل صهره من ٢ - ٤ طن / ساعة يحتاج إلى عاملين اثنين .



شكل (٤٤) شكل عام يبين مخزن خامات يحتوى على  
جهاز شحن مزود بميزان قرصى معلق وقابوس قلاب .

وينصح فى هذا المجال بإضافة قابوس قلاب آخر مركب على القضيب المعلق Monorail مع جعل هذا القضيب المعلق ملفوف على شكل حلقة مقفلة Loop وذلك للسماح بحركة العربات المعلقة فى اتجاه واحد فى طريق الذهاب والاتجاه الآخر للرجوع .

إن طريقة ترتيب وتنظيم بناكر التخزين تعتمد على مساحة الفراغ المتاحة خلف الأفران ، ومع ذلك فإن أساس تنظيمها يظل كما هو فى الغالبية العظمى من الأفران ذات الأحجام الصغيرة والمتوسطة .

والتحديد الرئيسى لهذا النظام يعتمد على كمية الخامات التى يمكننا تخزينها ، والتى تكون فى متناول القابوس المعلق . إذا تم توريد الخامات بواسطة سيارة نقل قلاب Tipping Lorry ففى هذه الحالة لا يمكن تخزين خامات بارتفاع أعلى من ٦٠ - ٩٠ سم



فوق مستوى الأرض . وهذا يعنى أن البنكر الذى سعته ٣ متر × ٣ متر يمكنه استيعاب ما يعادل ١٥ - ٢٠ طن من الحديد الزهر أو حوالى ١٠ - ١٢ طن من خرده الحديد الزهر . وعملية تخزين الفحم تمثل هى الأخرى مشكلة ، وعلى وجه العموم فإنه من الصعب تخزين أكثر من ٢٥ - ٣٠ طن فى بنكر يتم تفريغ سيارة لورى قلاب مرتين داخله . وكلما زاد الاستهلاك اليومى زادت صعوبة تخزين كل الخامات الضرورية بالقدر الكافى بالقرب من الفرن ، ويصبح من الضرورى إجراء تعديل لتجنيب العامل من المشى لمسافات طويلة لتجميع الخامات ونقلها من أماكنها البعيدة .

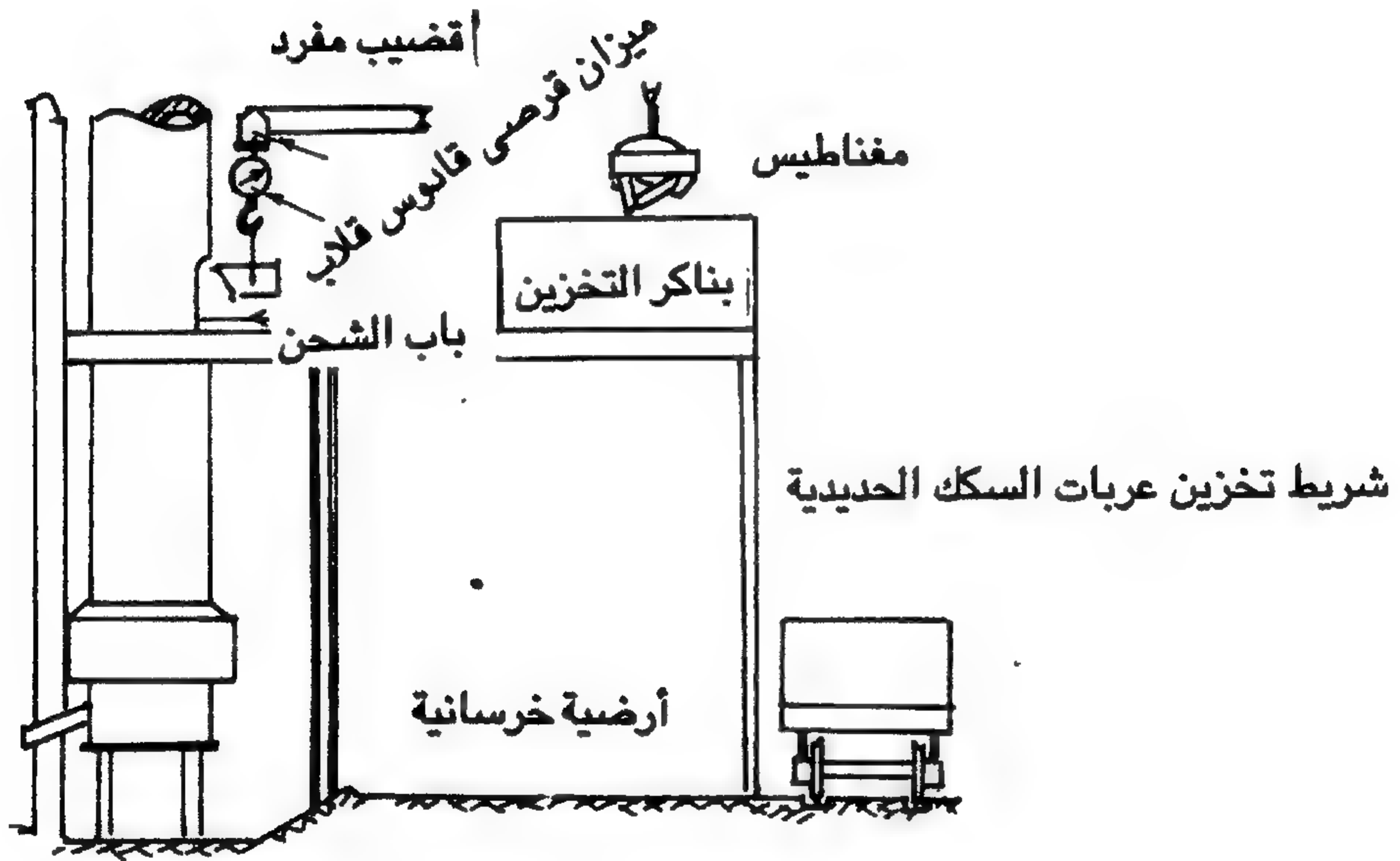
وعلى أية حال فإن نظام القضيب المعلق يمكن الاعتماد عليه حتى فى حالة معدلات الاستهلاك العالية ، وذلك باستعمال بناكر قريبة من القضيب المعلق ومعدة لتخزين خامات يوم بيوم Day-to-Day Stocks . وتبعاً لذلك بالضرورة يتحتم تخصيص مساحة مفتوحة أخرى تمثل المخزن الرئيسى ، ولا بد من إيجاد وسيلة معتادة لنقل الخامات من المخزن الرئيسى إلى المخزن اليومى ، ويمكن استغلال أى قطعة أرض لجعلها مخزناً رئيسياً مع استعمال اللوارى أو اللوادر ذات الصندوق الأمامى فى نقل الخامات ، وهذا النظام يمكن أن يؤدى إلى زيادة الحاجة إلى الأيدى العاملة . ولهذا السبب فإن تخطيط حوش التخزين اللازم لمعظم المسابك الكبيرة يعتمد أساساً على استعمال ونش كوبرى علوى Overhead Gantry Crane .

### أوناش القنطرة ( الكوبرى ) العلوية Overhead Gantry Cranes

فى مثل هذه الأحوال فإن الونش العلوى يقوم بتغطية مساحة كافية من الأرض تمتد بين المخزن الرئيسى والمخزن اليومى ، والونش مزود بوصلة مغناطيسية Magnet Attachment ، تستعمل فى نقل الخامات من المخزن الرئيسى إلى المخازن الفرعية . ويتم تجميع الشحنة من بناكر التخزين اليومى ، وذلك باستخدام نظام القابوس القلاب المعلق . والشكل رقم (٤٥) يصور أحد الأنظمة التى يقوم بها الونش العلوى بتغطية مساحة المخزن الرئيسى وذلك ليخدم زوجين من أفران الدست . وبينما تكون أقصى طاقة تحميل بالأيدى العاملة تصل إلى ٢ - ٣ طن / ساعة عند تحميل زهر التماسيح وخرده الزهر نجد أن هذا النوع من الأوناش يصل معدلاته لنقل المواد المعدنية إلى ١٠ - ١٥ طن / ساعة ، بالإضافة إلى أن هذا الأوناش يمكنه القيام بملء البناكر بالخامات تماماً بدرجة أكبر بكثير ، مما يمكن



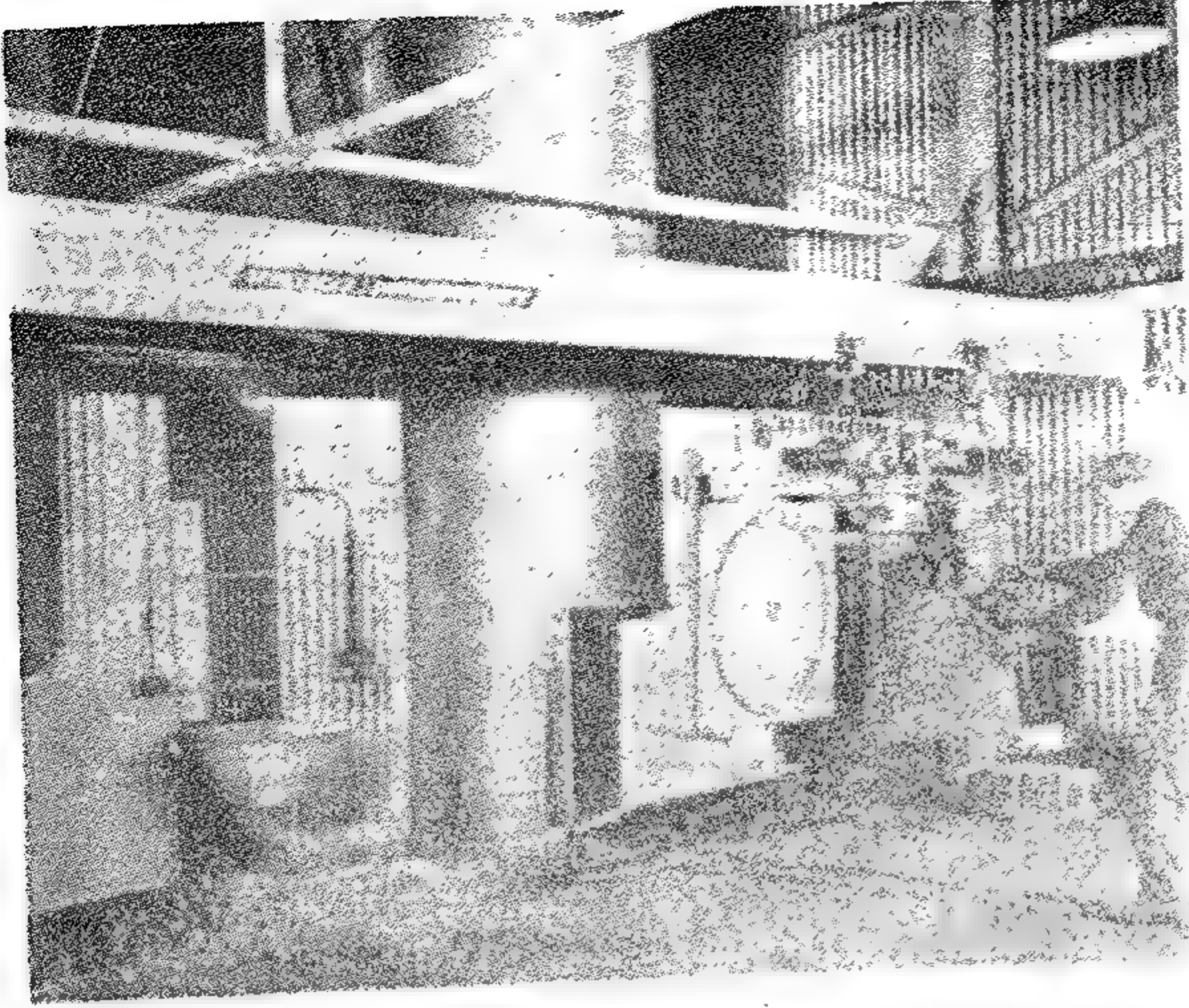
وشكل رقم (٤٦) يوضح مثلاً على مثل هذه الحالة ، حيث يغطى الونش العلوى المنطقة الخلفية لفرن الدست ، والتي تشمل الصندرة ، كما يستعمل لتفريغ حمولات السيارات النقل على أرضية المخزن الرئيسى، وفى نقل الخامات إلى بناكر التخزين اليومى الموجودة على صندرة الفرن . ويقوم القادوس المعلق فى الميزان بتجميع الشحنة من البنابر المختلفة وتغذية الفرن بها ، وهذه الطريقة فعالة بفضل استخدام القضيب المعلق والميزان المعلق والقادوس القلاب شكل (٤٧) . وإذا كانت معدلات الصهر هى نفسها بدون تغيير فإن هذا النظام لا يحتاج إلى عمال أكثر من عدد العمال الضرورى فى النظام الذى يعتمد على ونش علوى Gantry Crane ووسيلة شحن ميكانيكية .



شكل (٤٦) صندرة لشحن الدست مزودة بونش مغناطيسى

والمشكلة الكبرى تتمثل فى طريقة مناولة فحم الكوك والحجر الجيرى ونقلها إلى صندرة الفرن ويمكن استعمال قادوس على شكل كباش Grab Bucket معلق بالونش ، ولكن هذه الطريقة غير مفضلة لنقل الفحم عموماً . والطريقة التالية هى أن تملأ قوادرى كبيرة Large Skips باستخدام العمالة اليدوية ثم القيام برفعها إلى صندرة الفرن بواسطة الونش





شكل (٤٧) عملية تجميع الشحنة باستخدام ميزان  
نوقر ص دائري وقادوس قلاب عند أرضية الصندرة

الكوبرى Gantry Crane .  
وعند استخدام الونش بهذه  
الطريقة فيجب أن يتم تركيبه  
فى مستوى أعلى من المستوى  
الذى يتم تركيبه فيه عند  
استخدام نظام شحن  
ميكانيكى خاص بالفرن .

## الونش الدوار

### Mobile Crane

إن عملية تركيب ونش  
كوبرى يستلزم توافر مساحة  
خلف الفرن على شكل  
مستطيل Rectangular Area

فى مستوى الأرضية . وفى أحيان كثيرة لاتسمح طبيعة المكان بتوافر هذه المساحة . وفى  
هذه الحالة يمكن استعمال ونش من النوع الدوار ذى الذراع المرفاع Mobil Jib Type  
Crane حيث إن هذا النوع من الأوناش يكون قادراً على العمل فى المخازن التى تتميز بأن  
أرضيتها غير منتظمة الشكل Irregular Shape وشكل رقم (٤٨) يبين طريقة عمل ونش  
قنطرى بوابى Portal Jib Crane لتفريغ حمولة عربة نقل بضائع بالسكك الحديدية Rail-  
way Wagons ولرفع الخامات إلى بناكر التخزين اليومى ، والتى تكون موجودة فى  
مستوى صندرة الفرن . والأوناش القنطرية البوابية من هذا النوع تتحرك على قضبان سكك  
حديدية وعلى هذا فإن عملها يكون مقصوراً على المساحة التى تغطيها فقط . إن استعمال  
هذا النوع من الأوناش يعتبر مناسباً خصوصاً فى الحالة التى سبق توضيحها بسبب طبيعة  
المكان ، الذى يأخذ شكل المثلث ، وبسبب دخول الخامات محمولة على عربات بضائع السكك  
الحديدية .

والونش الدوار الذى يعمل بوقود الديزل Adiesel Operated Mobile Jib Crane

يعتبر أكثر مناورة وأسهل في التحول والدوران More Versatile حيث إنه يمكن استعماله في أى مكان في المخزن ؛ وأكثر من هذا يمكنه الدخول إلى داخل منشآت المسبك التي يكون ارتفاعها معقولاً ومناسباً . كما يمكن تجهيزه بمغناطيس Magnet أو قلابوس من النوع الكباش Grab Bucket ، لكن عموماً تكون سرعته في النقل أقل من سرعة ونش الكوبرى .



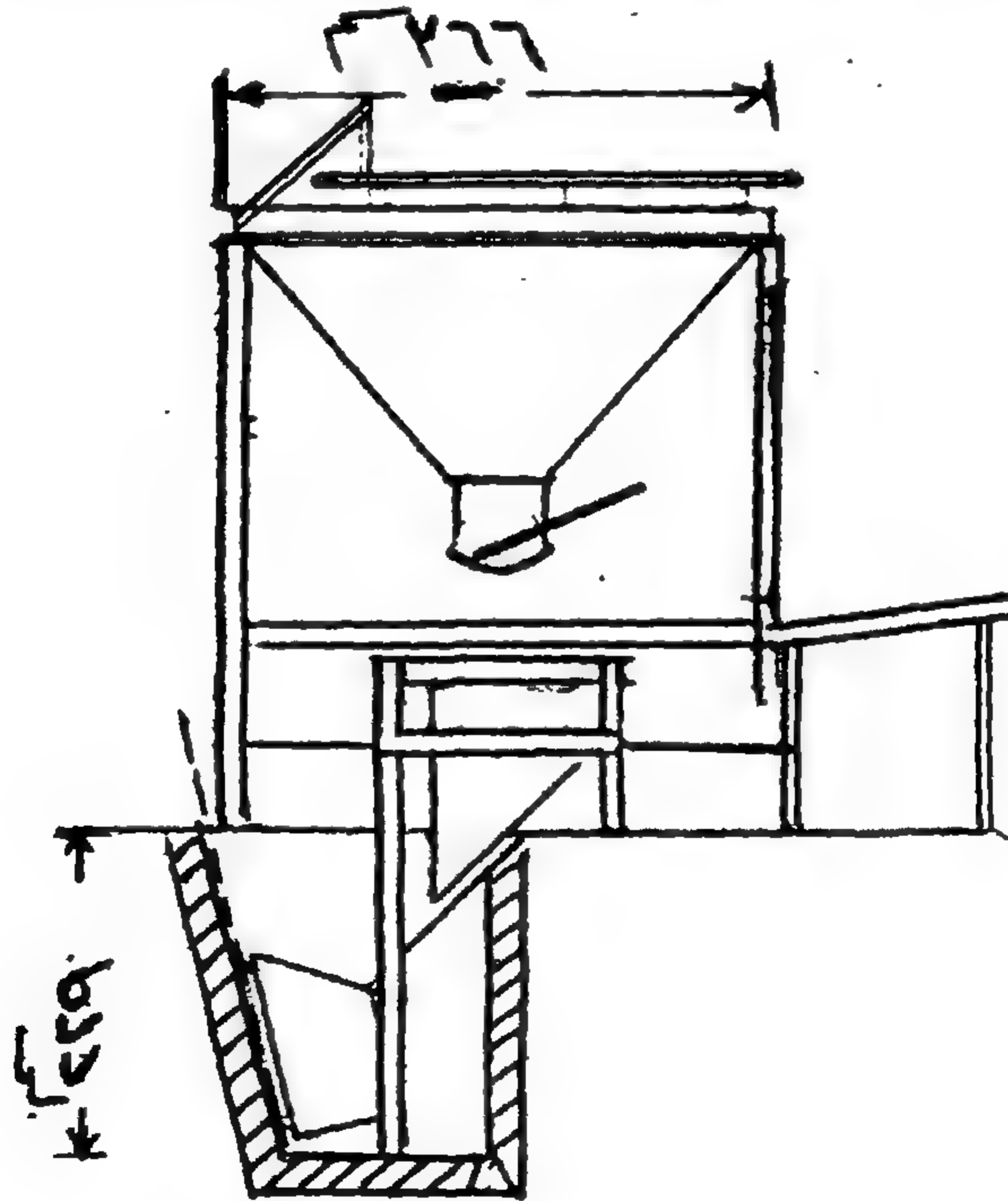
شكل (٤٨) إستعمال الونش نو الرافعة (الزراع) في نقل الخامات .



شكل (٤٩) إستعمال الونش النقالى في نقل الخامات .

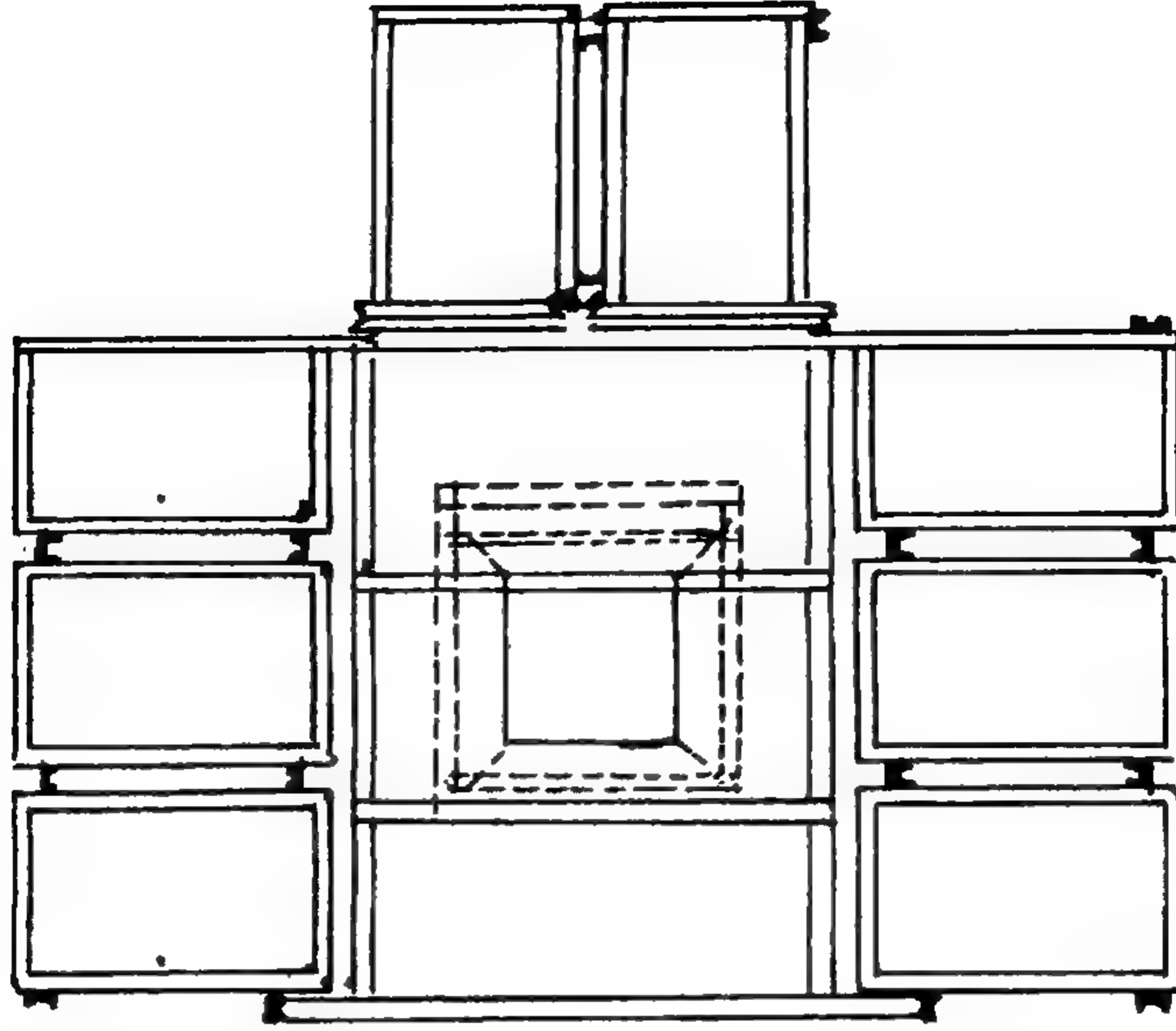
إن استعمال الونش المغناطيسي الدوار Mobile Magnet Crane يذكر على سبيل المثال حيث يكون له أهمية خصوصاً عند استعمال قانوس ثابت للوزن Stationary Weigh Hopper بدلاً من استخدام ميزان نقالي بمؤشر Travelling Dial Weigher إلى جانب قانوس قلاب Tipping Skip لتجميع الشحنات ، والشكل رقم (٤٩) يوضح صورة لونش من النوع الدوار الذي يعمل بوقود الديزل .

والشكلان رقما ( ٥٠ ، ٥١ ) يوضحان المسقط الأفقي Plan والمسقط الرأسى -Ele vation للترتيبة الخاصة بتجميع الشحنة Charge Make-up Arrangement داخل المخزن . وقواديس الوزن Weigh Hoppers من هذا النوع يستعمل بصورة متزايدة فى المسابك الكبيرة . وهى تتركب أساساً من سلة ( قانوس ) ذات قاع ساقط Drop Bottom Bucket والتي تكون جزءاً مكملأ لآلية الوزن والتي توضع مباشرة فوق القانوس الموجود على ماكينة الشحن المائلة Inclined Charging Machine . ويتم تجميع الشحنات ووزنها



شكل (٥٠) استخدام قانوس وزن مع ونش متحرك ناقل للخامات .





شكل (٥١) مسقط أفقى لمجموعة بناكر تخزين تستخدم الونش المتحرك الناقل للخامات .

فى قابوس الوزن ويتم بعدها فتح أبواب القاع Bottom Doors لتدفع الشحنة إلى قابوس الشحن Charging Skip or Bucket .

وفى هذا المثال نجد أن ظروف المكان الموجود خلف الأفران لاتسمح باستعمال الونش الكوبرى وخامات الشحن كانت تتوزع على مساحات واسعة بواسطة سيارة نقل قلاب . وقد أصر هذا المسبك على استعمال ونش مغناطيسى دوار لملء صناديق ثلاثية الجوانب Three Sided Bins بالخامات المعدنية فى شحن الفرن . ويتم فك المغناطيس بعد ذلك ، ثم يستخدم الونش لنقل الصناديق ووضعها على مزلقان منحدر Sloping Ramp يحيط بقابوس الوزن والذي يرتفع لأمتار قليلة فوق مستوى الأرضية . وقد تم إعداد أنظمة تسمح بهبوط ماكينة الشحن إلى مستوى أقل من مستوى الأرضية ، وبذلك يمكنها استقبال الشحنات التى تنزل من قابوس الوزن .



وكل صندوق من الصناديق الثلاثية الجوانب يسع حوالى ٢ طن من زهر التماسيح أو الخردة ويستخدم الونش الدوار أيضاً فى ملء قابوس فحم الكوك الموضوع فوق قابوس الوزن . ويتم ملء قابوس ذى قاع ساقط بفحم الكوك زنته حوالى ٧٥٠ كجم باليد فى المخزن ، ثم يتم نقله ووضعها فوق قوايس الكوك بواسطة الونش الدوار ذات ذراع الرفع Mobil Jib Craen . وفى هذه الحالة يتم استخدام اثنين من العمال للعمل على الصندرة المحيطة بقابوس الوزن فى جميع الشحنات ويتم تشغيلهم بهذه الطريقة لمدة أربع ساعات يومياً لإنتاج ٣٠ طن من المعدن المنصهر . أما عامل الونش ( الوناش ) Crane Operator فيتم تشغيله نصف يوم فقط فى نقل الخامات . وبذلك يصل تكلفة العمال - Labour Expenditure إلى حوالى ١٣ رجل . ساعة فى الصهرة الواحدة .

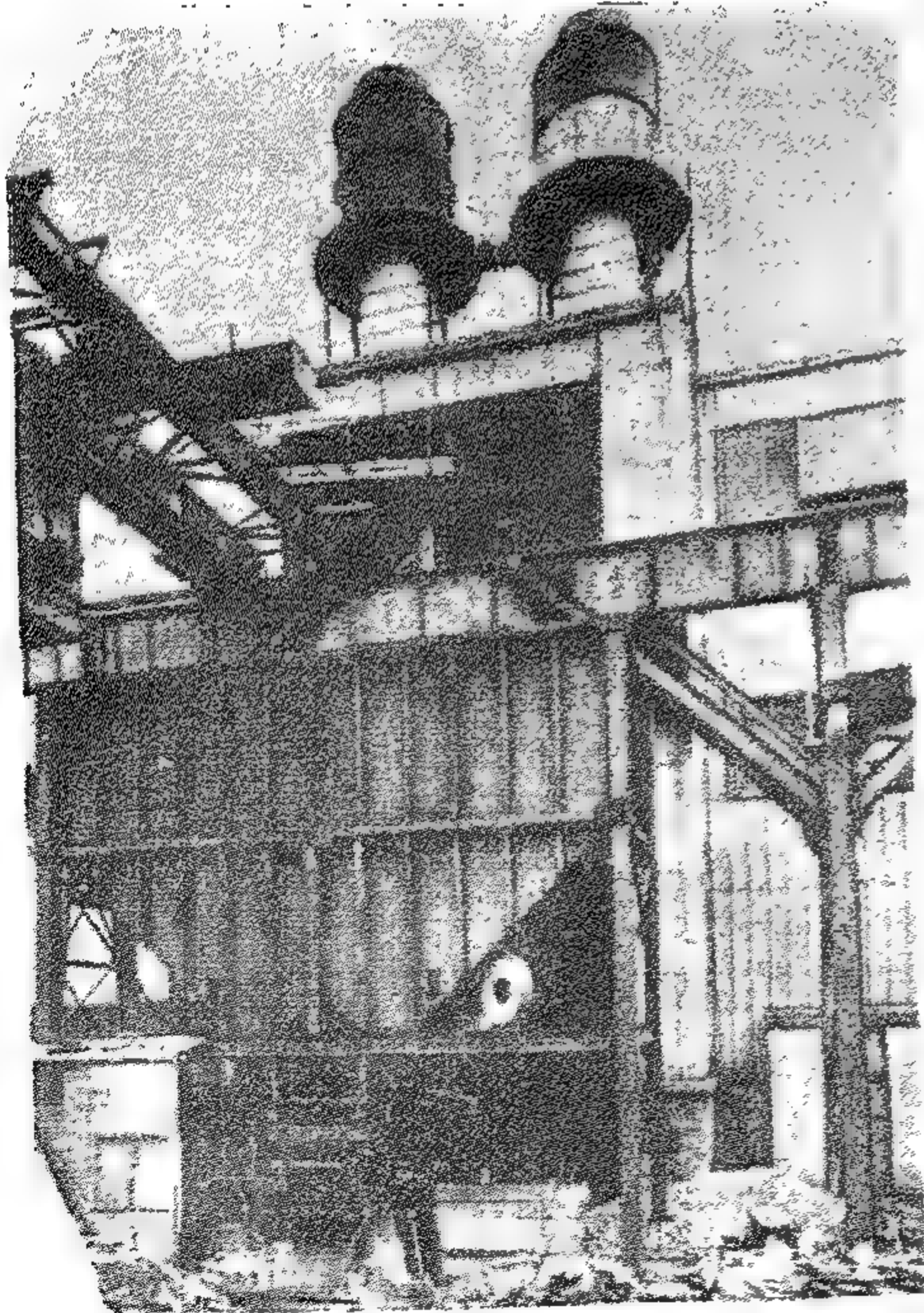
وقبل هذه الإنشاءات كانت أفران الدست تشحن بالأيدي العاملة من الصندرة المعتادة حيث يتم استخدام أربعة عمال طوال اليوم فى جميع الخامات من حوش التخزين وفى شحن الفرن نفسه . وكانت الصبة اليومية يلزمها ٣٠ - ٣٢ رجل . ساعة .

### استخدام المغناطيس فى تجميع الشحنة

#### Use of Magnets for Charge Make-Up

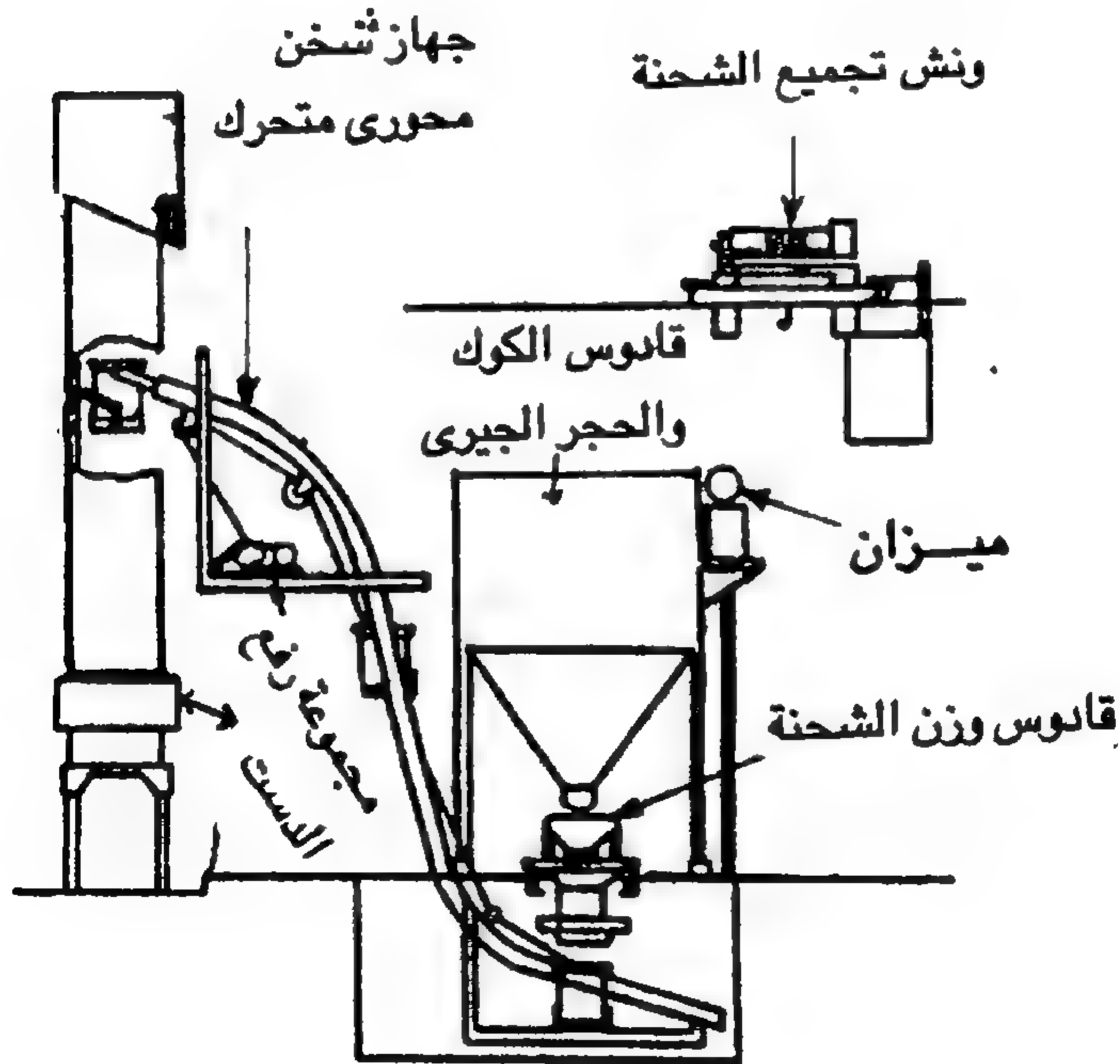
فى وقتنا الحاضر يزداد الطلب على استعمال أوناش الكوبرى Gantry Cranes المزودة بمغناطيس بغرض تجميع الشحنة Charge Make up تماماً كما فى طريقة استخدام المغناطيس فى نقل الخامات المعدنية - Reclamation of Metallic Materials وكمثال على تلك النوعية الصورة الموضحة فى شكل (٥٢) .

والتجهيزة التى تعتبر أكثر انتشاراً واستعمالاً هى استخدام قابوس للوزن مزود



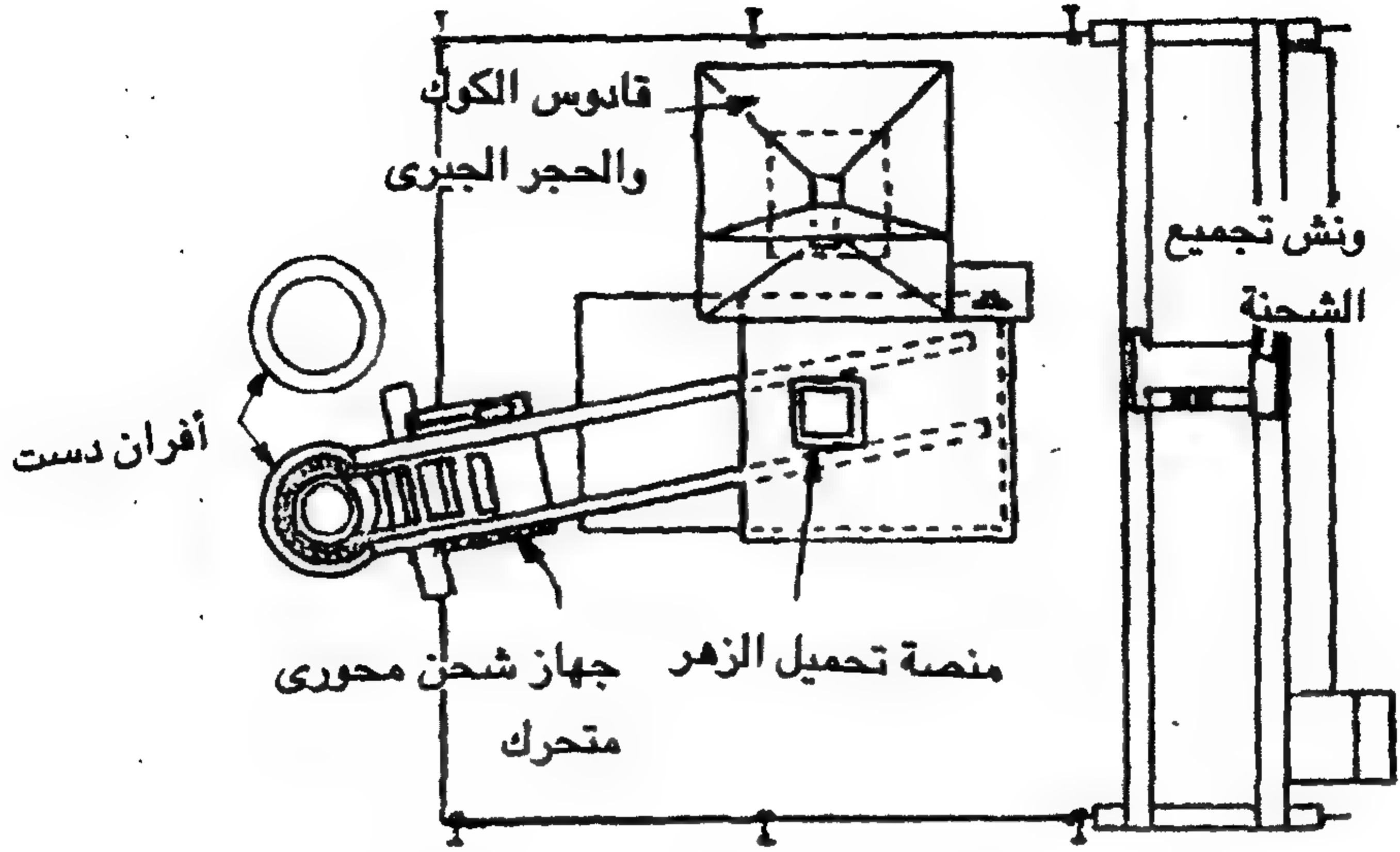
شكل ٥٢ استعمال ونش الكوبرى المتحرك مع المغناطيس

بقاع ذى بوابة للتفريغ Bottom Discharge Gate موضوعة فى مستوى الأرض Floor Level كما هو موضح فى الأشكال أرقام (٥٣ ، ٥٤ ، ٥٥) . كما يتم استخدام طريقة الشحن المائل بالقابوس Inclined Bucket Charger بفرض الشحن الفعلى للقرن نفسه ، ويعتبر تصميمه كما لو كان فى وضع مستقر ، حيث يقوم القابوس نو القاع القابل للسقوط Drop Bottom Bucket بالمرور من تحت قابوس الوزن ويقوم الونش الكوبرى بتجميع الشحنات فى قابوس الوزن ، وذلك بالتحرك فوق بناكر التخزين Stock Bunkers ويمكن التحكم فى الفيض المتغير للمغناطيس بدقة ، حيث إن المغناطيس يكون قادراً على إسقاط الخامات قطعة قطعة . ومعدل المناولة بهذه الطريقة Handling Rate يكون أعلى بكثير من المناولة اليدوية حيث يمكن الحصول على معدلات صهر تتراوح بين ١٥ - ٢٠ طن / ساعة بالاستعانة باثنين فقط من العمال أحدهما يقوم بالعمل على الونش والآخر يقوم بمراجعة الوزن على قابوس الوزن Check-Weighing .

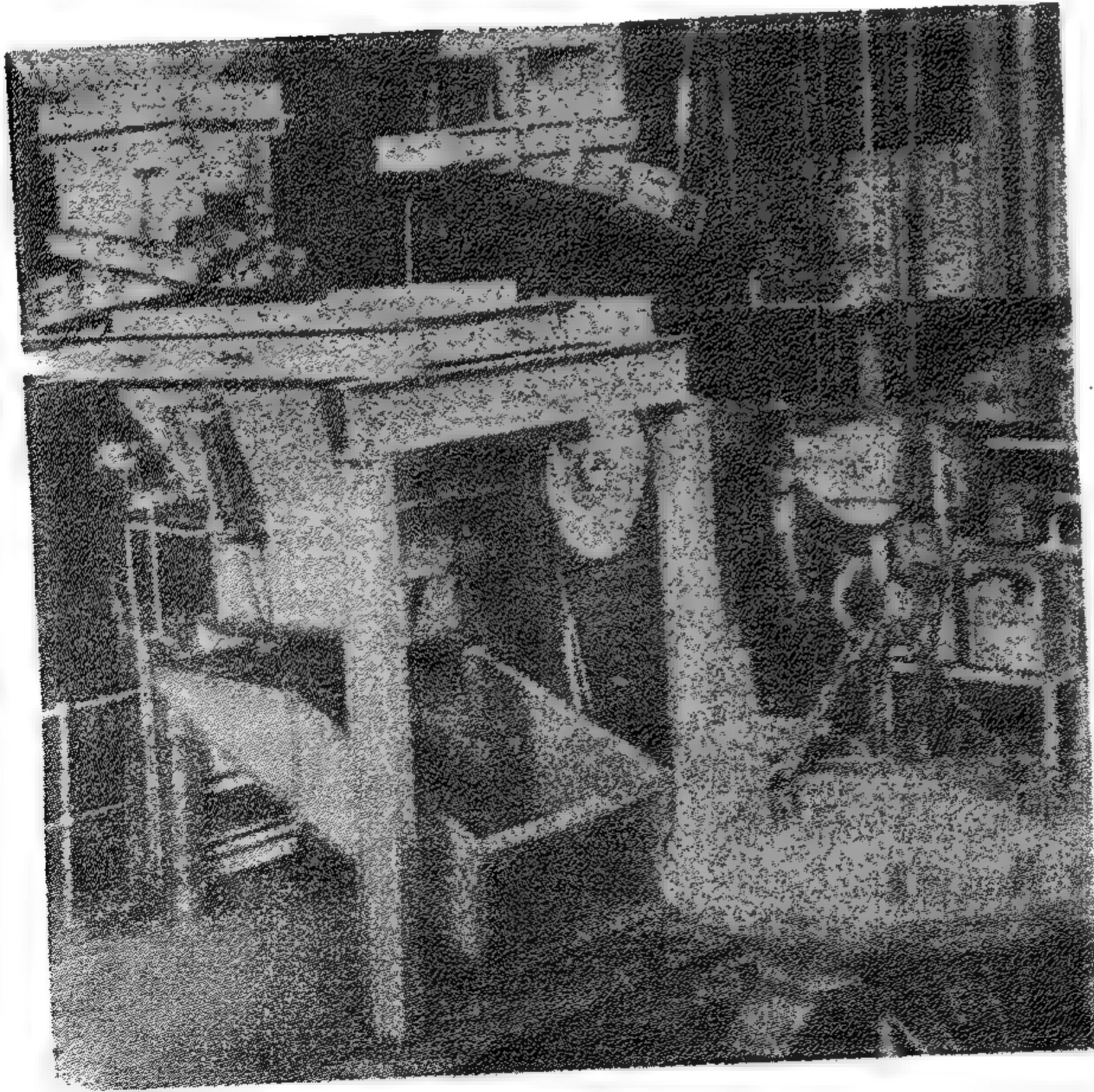


شكل (٥٣) استعمال ونش لتجميع الشحنة وقابوس وزن مع جهاز الشحن المحورى المتحرك .





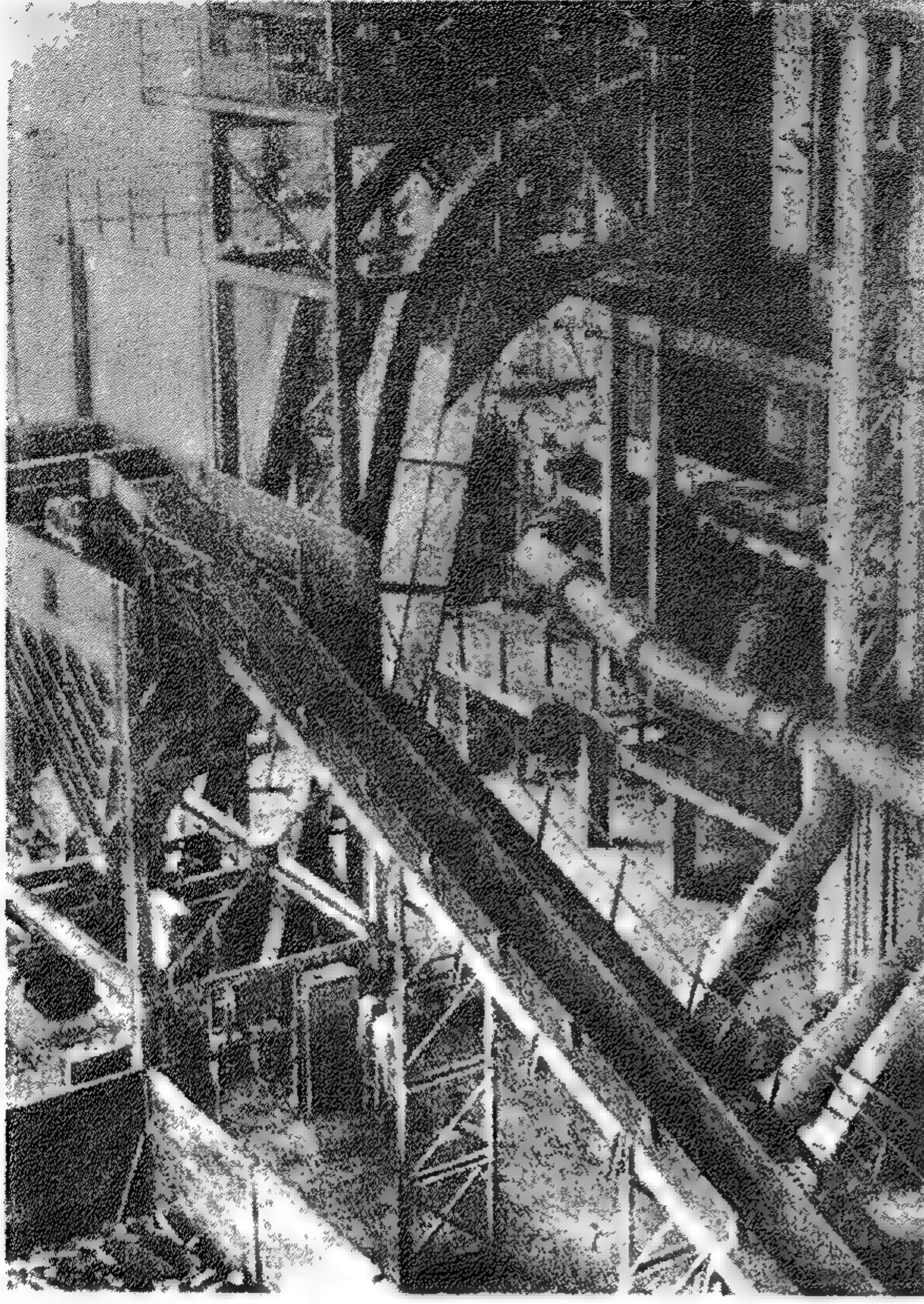
شكل (٥٤) استعمال ونش لتجميع الشحنة وقادوس وزن مع جهاز الشحن المحورى المتحرك.



شكل (٥٥) استعمال ونش التجميع وقادوس الوزن مع جهاز الشحن المحورى نو القادوس .

وعلى الرغم من أن مراقب الميزان Check-Weigh Man يمكنه استخدام كوريك أو جاروف لجرف Shovel الكوك والحجر الجبرى ، إلا أن معظم هذه النوعية من أنظمة الشحن تضم قواديس لشحن هذه الخامات. وهذه القواديس قد يعاد ملؤها بواسطة كباش Grab Bucket أو قادوس قلاب





Skip مركب على ونش كوبرى أو من الأفضل بواسطة سير ناقل مائل Belt Inclined Conveyer من مستوى الأرضية كما هو موضح فى الشكل رقم (٥٦) ويتم تزويد هذه القواديس بهزاز ذى سطح مائل Vibratory Chutes لجعل الكوك والحجر الجبرى قادراً على النزول إلى قابوس الوزن .

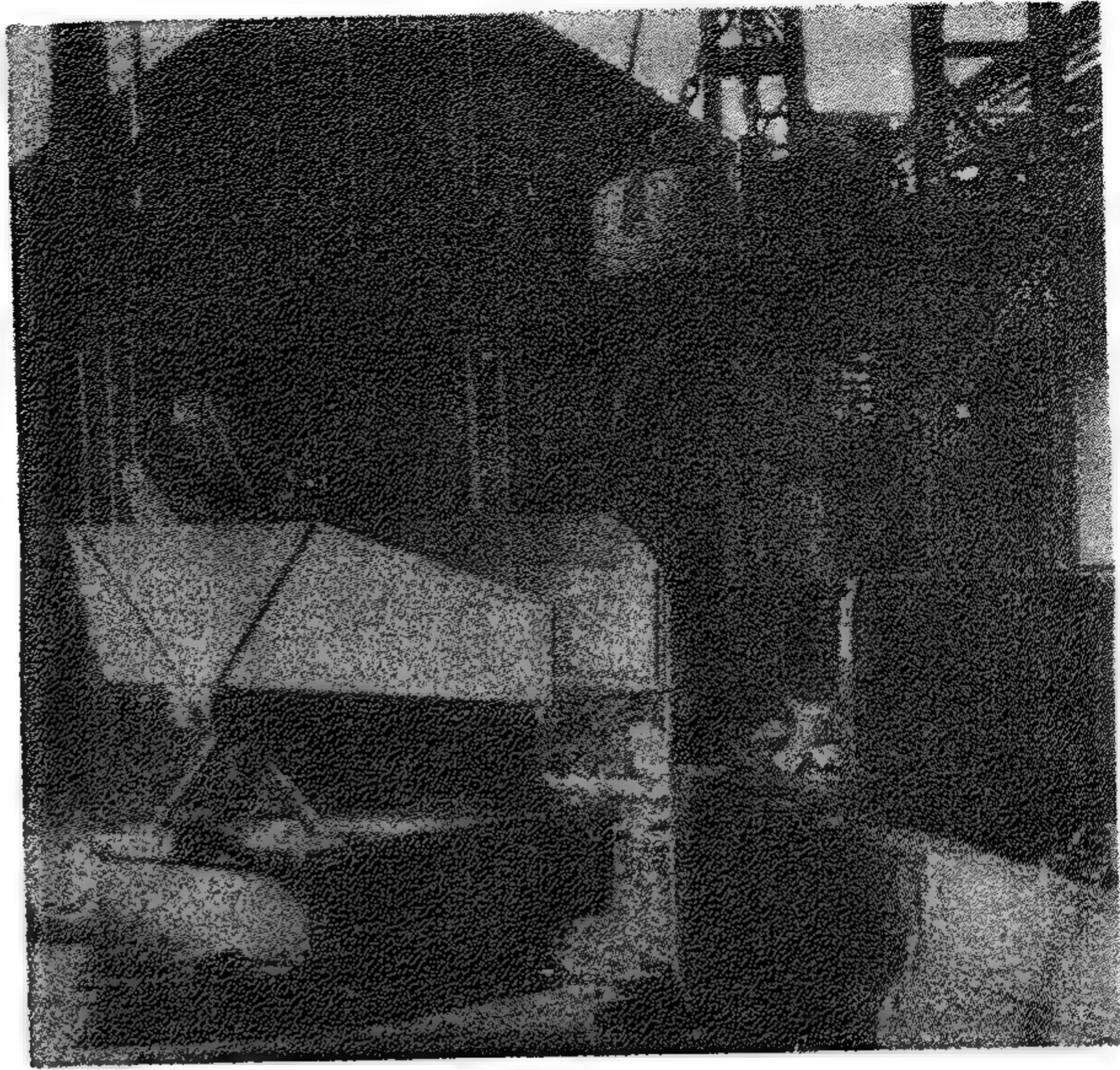
ونسوق فى هذا المجال مثالين لتوضيح اختلاف نظام المغناطيس فى جميع الشحنة ، والنوع الأول موضح فى الشكلين رقمى (٥٧ ، ٥٨) وهو غير عادى ، حيث إن قابوس الوزن يشكل

جزءاً لا يتجزأ من ونش الكوبرى شكل (٥٦) استخدام سير ناقل مائل للأخزان الخامات . المغناطيسى .

الغرفة الخاصة بتوجيه الونش Crane Cabin تقع فى الفراغ الموجود بين قنطرتى الونش Crane Span وتوضع أكثر إنخفاضاً من العادى وفى الحركة الطولية فإن هذه الغرفة تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل الطريق فى كل جانب حيثما توضع بناكر التخزين .

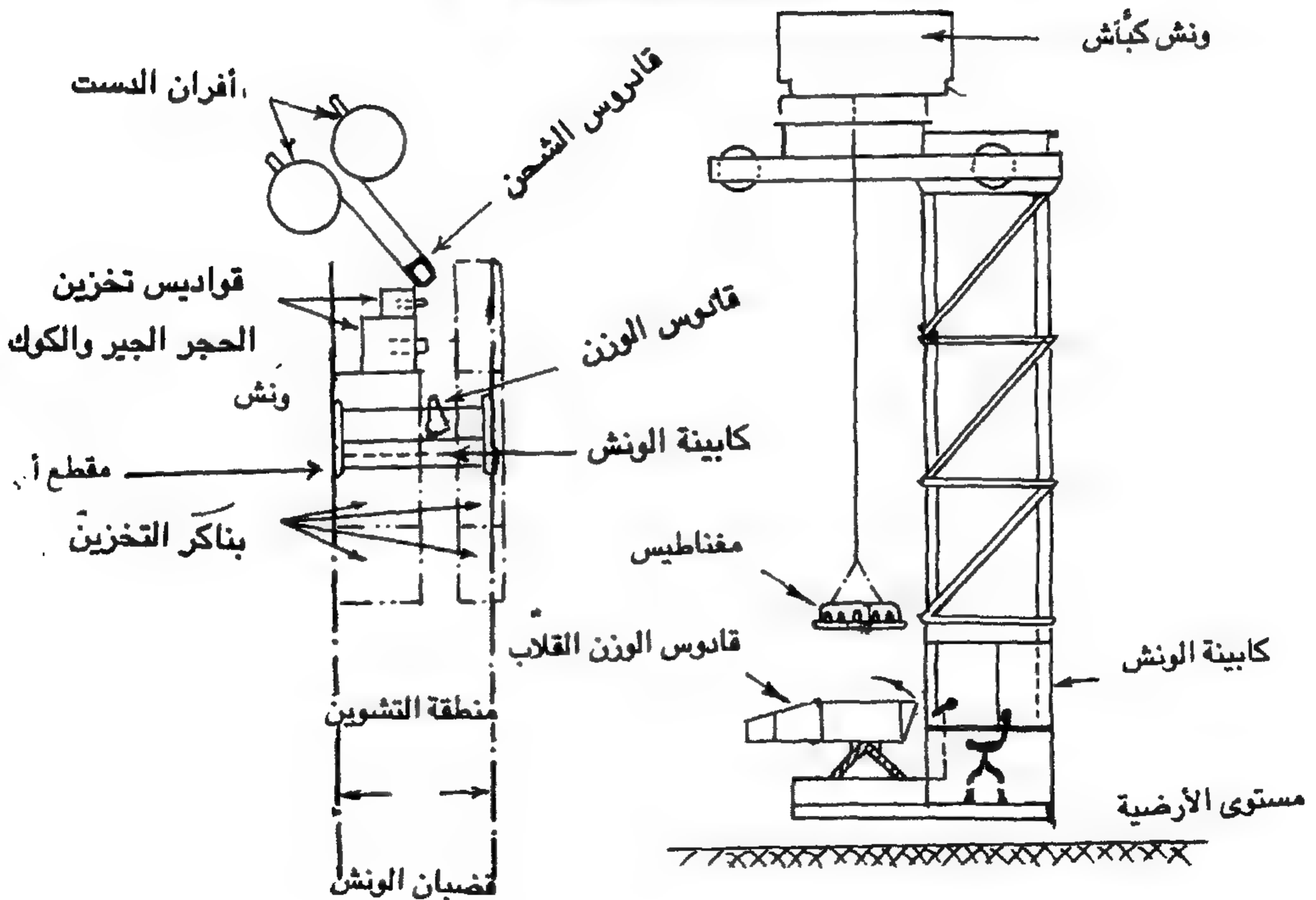
ويستعمل المغناطيس فى الحركة العرضية لنقل الخامات من البناكر إلى قابوس الوزن ، ويتحرك الونش وتصبح عملية جميع الشحنة تحت سيطرة العامل الموجود فى الغرفة cabin المخصصة للتوجيه ، وعندما تكتمل عملية جميع الشحنة تتحرك الغرفة Cab إلى الأمام فى اتجاه الفرن وتفتح بوابة قاع قابوس الوزن Bottom Gate لتسمح للشحنة





شكل (٥٧) طريقة استخدام المغناطيس

في تجميع الشحنة .



مسقط أفقى لحوش التخزين

مسقط موضع المقطع عند نقطة (أ)

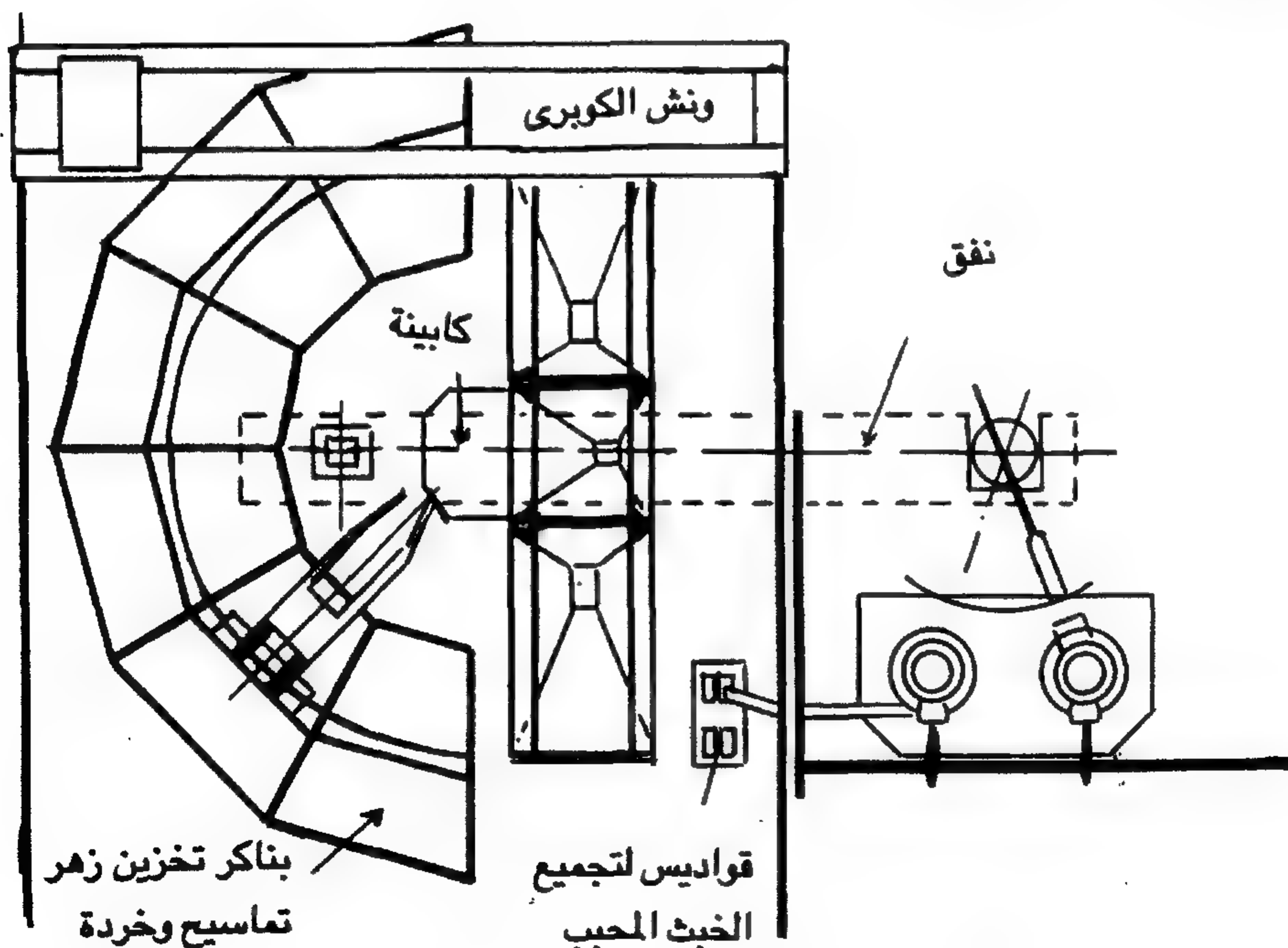
شكل (٥٨) تخطيط يوضح نظام استخدام المغناطيس في تجميع الشحنة (أنظر الشكل رقم ٥٧)

بالسقوط فى القابوس الخاص بجهاز الشحن المائل Inclined Skip Hoist Charging Machine . أما العامل الثانى فيقوم بالعمل على تغذية الكوك والحجر الجبرى مباشرة إلى قابوس شحن الفرن Skip Charger أو بالتناوب إلى قوادرىس مزودة بمغذى هزان Vibratory Feeder يمكن عن طريقها تغذية قابوس الوزن بالخامات .

وفى حالة الصهرات الصغيرة والمتوسطة يمكن للمغناطيس أن يقوم أيضاً باعادة شحن بناكر التخزين ، ولكن فى الصهرات الكبيرة فإنه يصبح من الضرورى تركيب ونش مغناطيسى آخر عادى على مستوى أعلى من مستوى ونش الشحن ؛ تكون مهمته شحن بناكر التخزين فقط .

### وحدة الشحن الأتوماتيكية Automatic Charging Plant

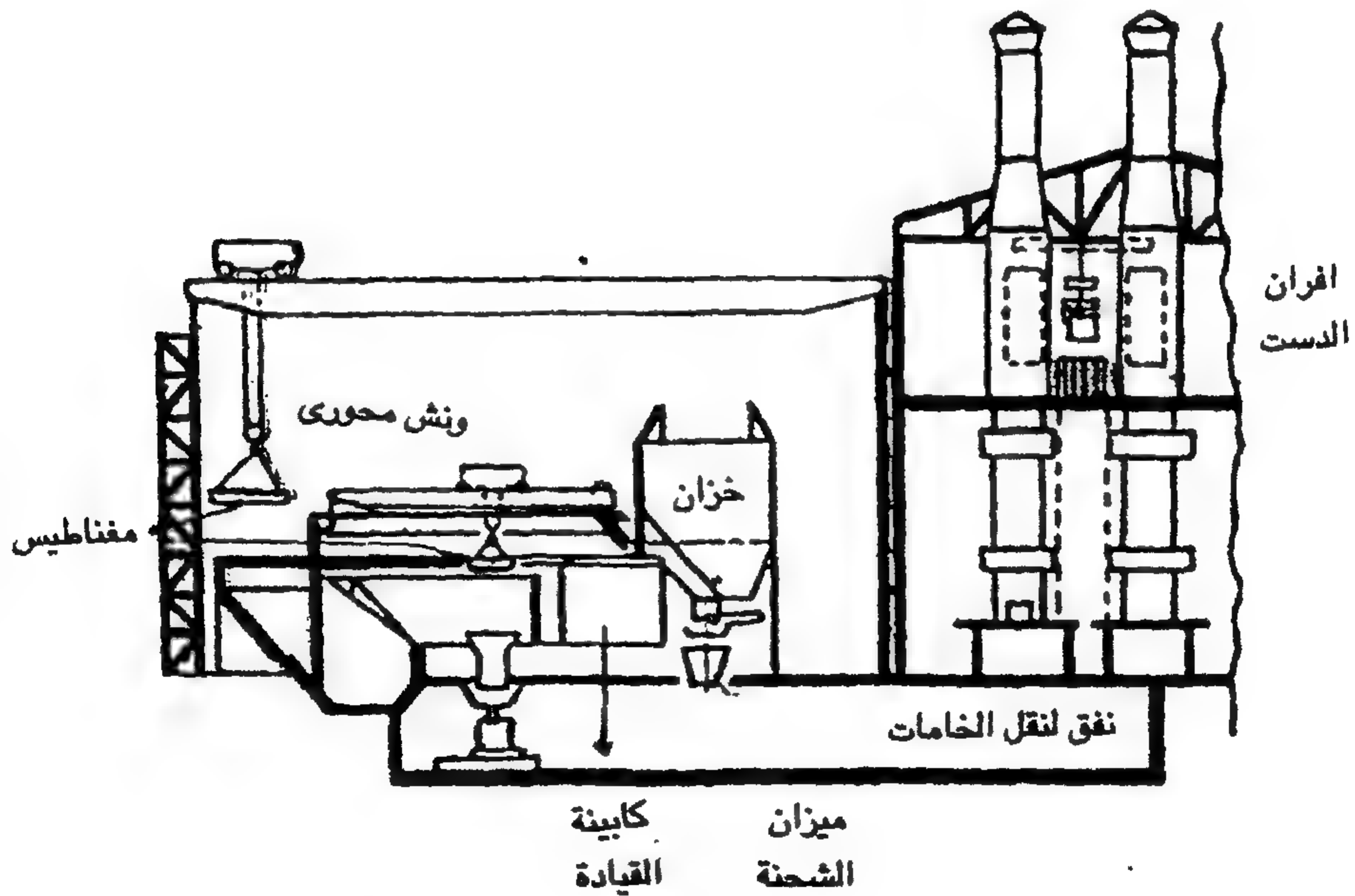
يعتبر المثال الموضح فى شكل ( ٥٩ ، ٦٠ ) من أكثر الأمثلة أهمية لأنظمة الشحن ، وفى مثل هذه الحالة فإن عملية الشحن بأكملها تجرى بطريقة أتوماتيكية بالكامل ، وعامل واحد فقط يصبح كافياً لشحن ما يعادل ٨ طن / ساعة .



شكل (٥٩) المسقط الأفقى لوحدة شحن الخامات الأتوماتيكية



ويتم رص بناكر التخزين اليومى الخاصة بالخامات المعدنية على شكل نصف دائرة وتقع غرفة عامل التحكم Operator Control Cabin عند مركز هذه الدائرة ويستخدم ونش من النوع المركزى أو نصف القطرى Radial Type Crane والذي يكون محوره عند كابينة التحكم ويتم تزويده بمغناطيس نو تحكم فيضى متغير Variable Flux Control Magnet بهدف تجميع الشحنات المطلوبة فى قادوس مركزى الوزن Centrally وتسقط الشحنة الكاملة من قادوس الوزن إلى قادوس الشحن ذات القاع الساقط - Drop Bottom Charging Bucket والذي يكون محمولاً على عربة نقل منخفضة Bogie ، حيث تنقل خلال نفق Tunnel إلى مجموعة الشحن الميكانيكى لفرن الدست Cupola Charging Hoist . وهى عبارة عن ونش رأسى Vertical Hoist يقوم برفع قادوس الشحن حتى مستوى العتبة السفلية لشباك الشحن Charging-Sill ، حيث يتم التقاطه بواسطة كمره حديدية مخصصة للشحن ومركبة على قضيب معلق Monorial Charging Beam ، والتي تقوم بتفريغ القادوس فى فرن الدست .



شكل (٦٠) المسقط الرأسى للوحدة الاوتوماتيكية لشحن الخامات

ويتم وضع قابوس للحجر الجيري سعة ٤٥ طن وقابوسين لفحم الكوك سعة كل منهما ٣٥ طن بجوار كابينة التحكم . ويتم شحن الكميات المطلوبة من هذه الخامات بطريقة أوتوماتيكية عن طريق المغذيات الهزازة Vibratory Feedrs المركبة على هذه القوابيس أو البنّاكر إلى قابوس الوزن المستقر على عربة نقل منخفضة Transfer bogie على أرضية النفق ، وبالإضافة إلى الموازين ذات المؤشر dial scales الموجودة في كابينة التحكم فإن كل مجموعة آلية ميكانيكية للوزن تكون متصلة بجهاز تسجيل طابع Print-Out System لتسجيل الوزن لكل نوع من أنواع الخامات Weigh Recording ومكتب عامل التحكم Control Desk ( لوحة التحكم ) يحمل لوحة اشارات Mimic Panel والتي توضح آلية الشحن في أى وقت Charging Mechanisms . وكل من بنّاكر تخزين الفحم والحجر الجيري وبنّاكر التخزين اليومى يتم إعادة ملئها بواسطة ونش الكوبرى المغناطيسى المعتاد ، والذي يغطى مساحة حوش التخزين كله .





## الباب التاسع

### معدات وطرق الإشراف على العمل في المسبك

#### Shop-Floor Controls and Equipment

إن الهدف الأساسى لضبط تشغيل فرن الدست هو الحصول على المعدن بالمعدل المطلوب Desired Rate والتركيب الكيميائى المناسب Suitable Composition ؛ ودرجة الحرارة المناسبة Temperature وذلك لإنتاج مسبوكات بصورة مرضية Satisfactory Castings .

#### وزن المعدن وفحم الكوك Weighing Metal and Coke

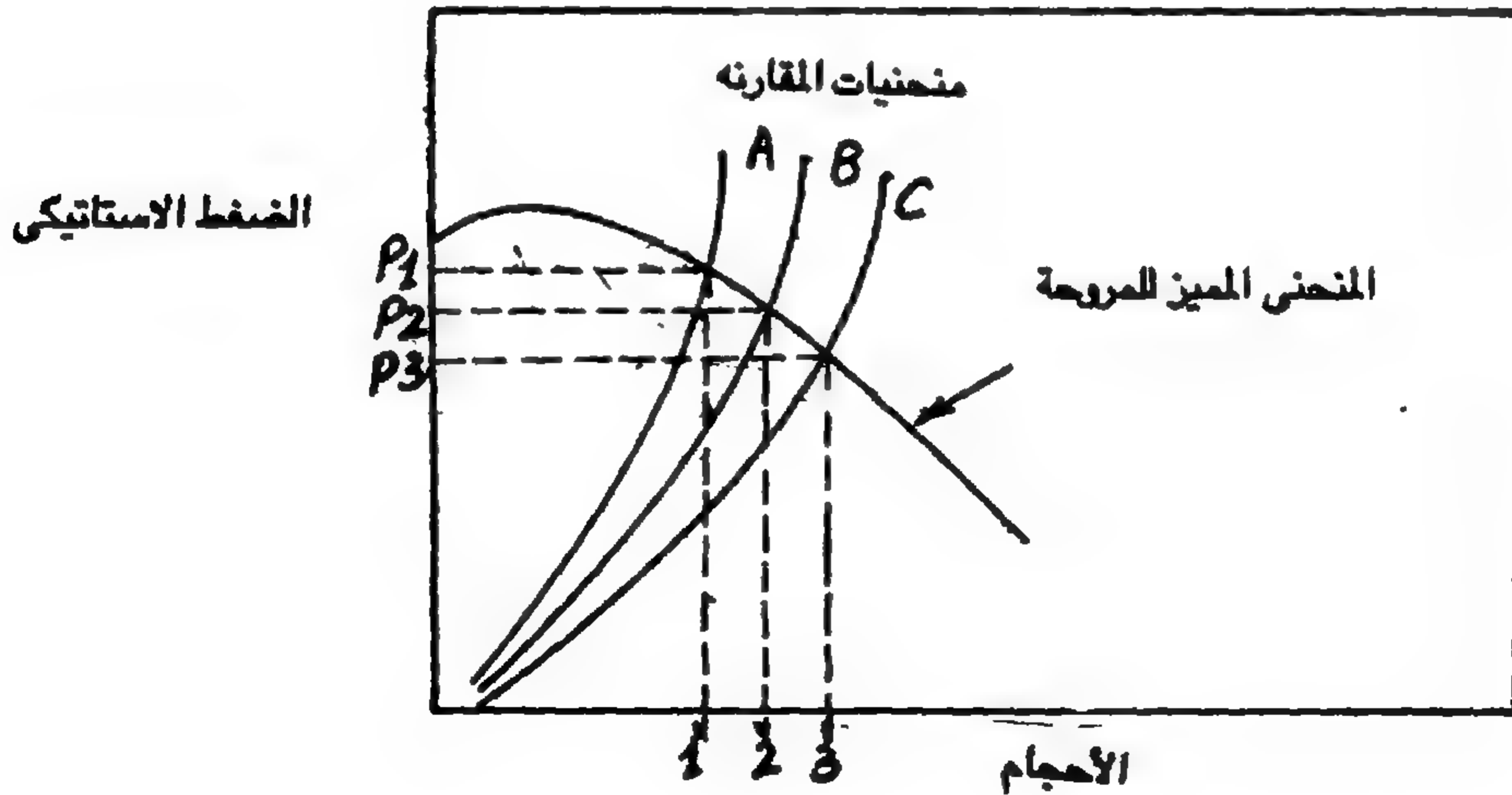
يمكن القول ببساطة أنه هناك ثلاثة متغيرات فى عمليات تشغيل أفران الدست هى : المعدن والكوك والهواء . وبالنظر إلى المعدن ؛ فيجب معرفة تحليل حديد التماسيح Pig Iron والخردة المشتراه Bought Scrap . أما الخردة المرتجعة من المسبك نفسه Foundry Re-turn Scrap والتي يكون تركيبها معروفاً فيجب فصلها عن بقية الخامات Segregated ، وإذا كان مطلوباً الحصول على تركيب محدد ومضبوط للمعدن فلا مفر من وزن الخامات المعدنية فى شحنة الفرن بدقة شديدة .

إن أبسط طرق الإشراف المفروض على فحم الكوك هى عملية القيام بوزنه ؛ ويمكن إجراء هذا باستعمال نظام القضيب المعلق البسيط لإعداد الشحنة Simple Monorail Reclamation System أو باستخدام أنظمة قياس الشحنة التى تكون أكثر تضليلاً more sophisticated Charging Systems ، وذلك باستعمال قواديس وزن -Weighing Bunk- ers لفحم الكوك والحجر الجيرى . إن تدريج القياس Calibration للموازين يجب أن يكون متناسباً مع حجم الشحنة الموزونة . فمثلاً لا يمكن الحصول على وزن بدقة كيلو جرام إذا كانت تقسيمة القياس Subdivision of the Scale على أساس وحدة الوزن تمثل خمسة كيلو جرامات .

ويبدو بعض الجدل Argument حول إمكانية القياس الأدق للفحم عن طريق الحجم Volume أو عن طريق الوزن Weight وأيهما أفضل ، حيث إن نسبة الرطوبة في فحم الكوك يمكن أن تتغير من صفر إلى ١٢٪ . والمشاكل التي يمكن أن تظهر مع طريقة القياس بالحجم هي ، الاختلاف في حجم الكوك Coke Size ، والوضع المثالي الذي يجب به ملأ القابوس الخاص بكل شحنة كوك . وهذا يعني أنه إذا تغيرت شحنة الكوك فيجب أيضاً تغيير القابوس ( الوعاء ) الخاص بقياس الكوك Coke Container .

### ضبط كمية الهواء Blast Control

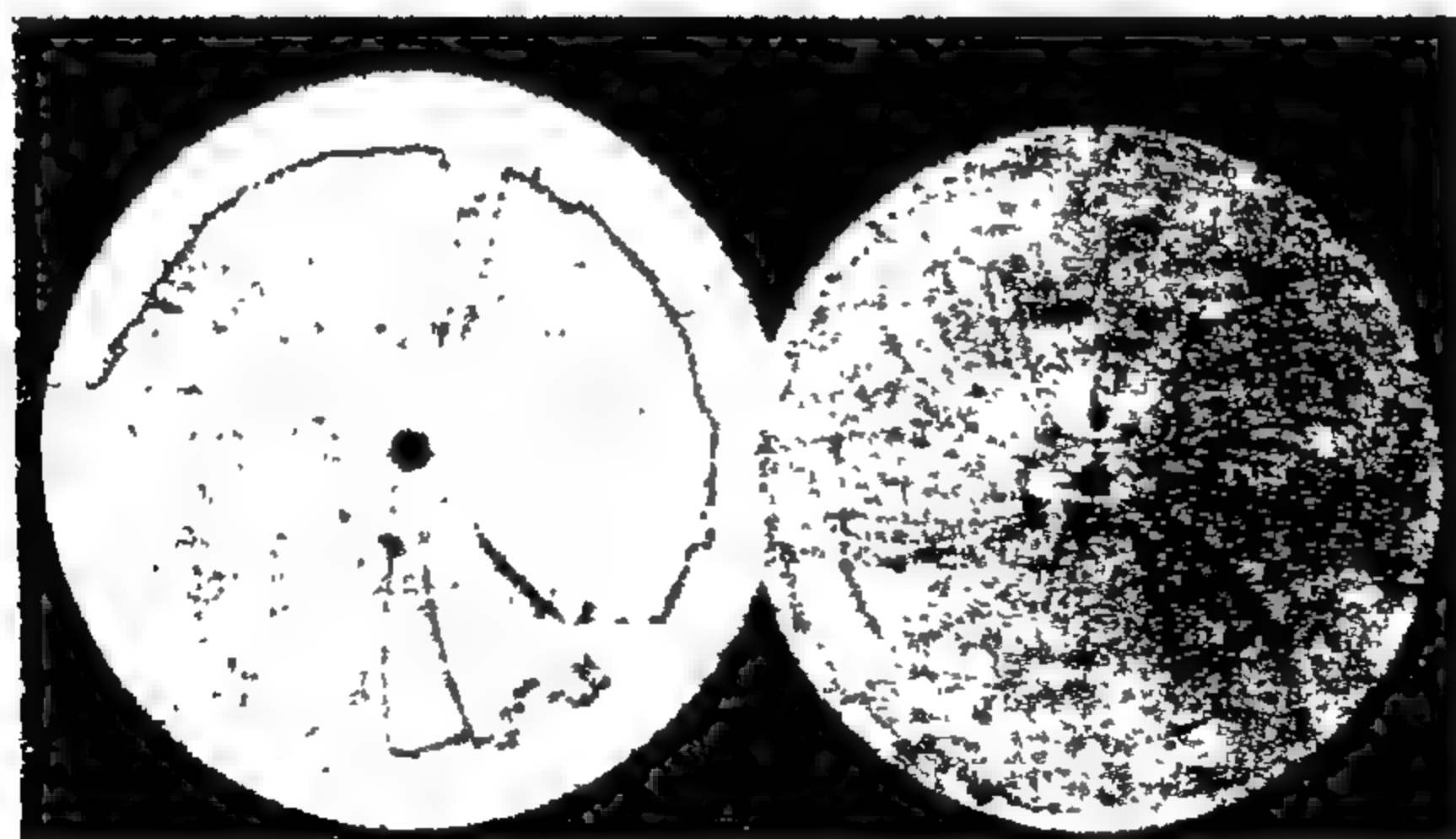
من الضروري ضبط حجم الهواء ، حيث إن إنتاج طن واحد من المعدن يحتاج إلى حوالي طن واحد من الهواء تقريباً . وضبط كمية الهواء فإن العديد من أفران الدست يتم تزويدها بمقياس ضغط عند قميص الهواء Wendbelt Pressure Gauges ومالم يتم استخدام هذا المقياس بحسن تقدير ومهارة وكفاءة Discretion ، فإنه قد يعطى المزيد من المعلومات الخادعة والمضللة Misleading Information والسبب في هذا موضح في شكل (٦١) .



الشكل (٦١) الخواص المميزة للمروحة

وهذا الرسم البياني يبين ثلاثة منحنيات لطريقة المقاومة Resistance والتي تمثل خصائص فرن الدست تحت ظروف التشغيل المختلفة . وهذه المنحنيات تم مقارنتها بالمنحنى المميز الفعلى للمروحة المستخدمة .

المنحنى (B) يمثل التشغيل العادى لفرن الدست . ويوضح أن المروحة سوف تضخ كمية هواء حجمها  $V_2$  عندما يكون ضغط قميص الهواء  $P_2$  . وإذا حدث على أية حال زيادة فى المقاومة فى داخل الفرن Cupola Stack يرجع إلى انسداد الودنات Blocked Tuyeres مثلاً ، فإن الضغط عند قميص الهواء سيزداد طبعاً وسينخفض حجم الهواء المدفوع من المروحة إلى الفرن كما هو موضح بالمنحنى (A) ، وفى الواقع فإن عامل الفرن سيلاحظ الزيادة فى ضغط قميص الهواء من  $P_2$  إلى  $P_1$  ، وسيعتقد أن كمية الهواء المدفوعة إلى الفرن أكبر من اللازم Over Blown . وعندئذ سيقوم بخفض حجم الهواء حتى يعود إلى الضغط  $P_2$  ، وسيؤدى هذا إلى زيادة خطورة Aggravate الوضع القائم ، حيث إن تخفيض حجم الهواء سيؤدى بالتالى إلى جعل الفرن يعمل فى ظروف نقص الهواء Underblown .



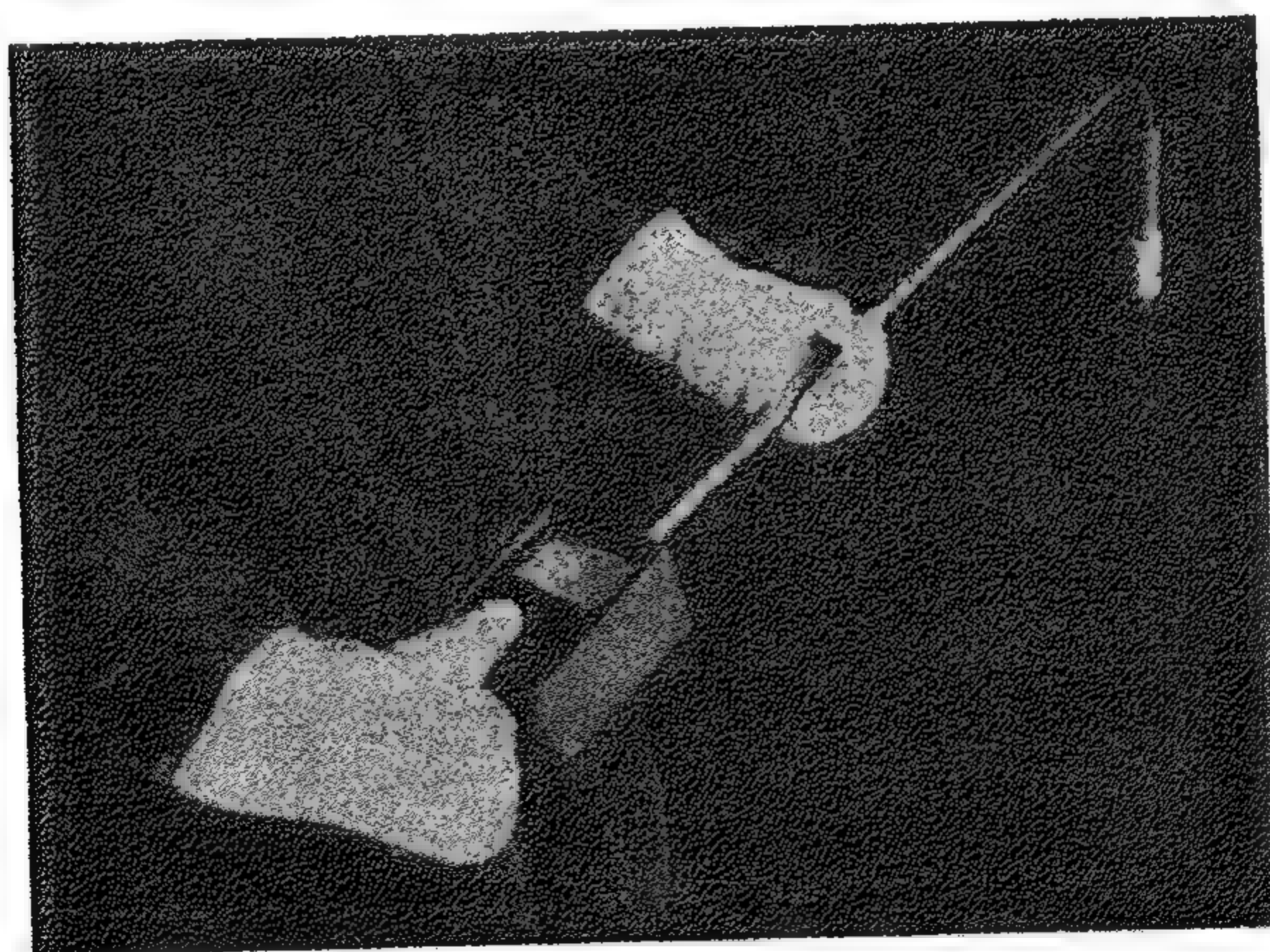
شكل (٦٢) رسم بياني مسجل يبين حجم الهواء الداخل للفرن فى حالة التشغيل المستمر (على اليسار) وفى حالة التشغيل المتقطع (على اليمين) .



ولهذا السبب ، فإنه من الأفضل ضبط إمداد الهواء باستعمال ميين الحجم المسجل Volume Indicator Vecorder . والرسم البياني الممثل Typical Chart لهذا النوع من الأجهزة ميين فى الشكل رقم (٦٢) . ومن الملائم ملاحظة أن عملية تشغيل مروحة الهواء بطريقة متقطعة Intermittent أو الموضحة فى أحد الرسومات المسجلة سوف تؤدي إلى إنتاج معدن ذات درجة حرارة أقل مما لو تم تشغيل الفرن بطريقة مستمرة ، كما هو موضح بالرسم الآخر .

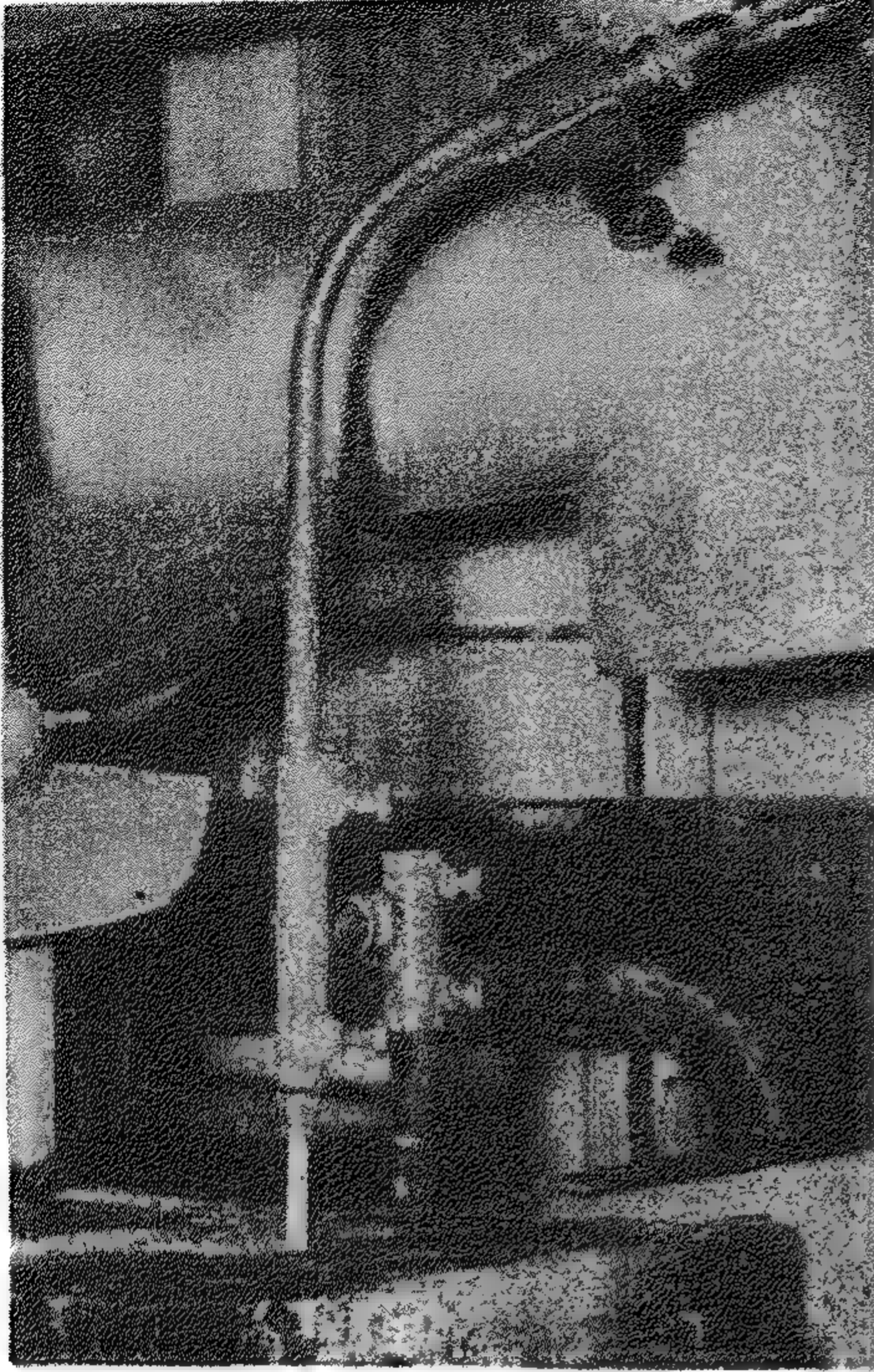
### درجة حرارة المعدن Metal Temperature

يمكن قياس درجة حرارة المعدن باستخدام المزيج الحرارى المغمور المعتاد الذى يتكون من البلاتين / البلاتين والريديوم - Conventional Platinum / Platinum-Rhodium Imersion Thermocouple ، والذى يستعمل فيه جراب غلاف من السيليكا أو الجرافيت Silica or Graphite Sheath . وعلى الرغم من أن الغلاف الجرافيتى ذو عمر طويل فى الاستعمال Longer Working إلا أن استجابته أبطأ Slower Response



شكل (٦٢) جهاز قياس الحرارة (البيروميتر) ذو الرأس القابلة للتغيير (الخرطوشة) .





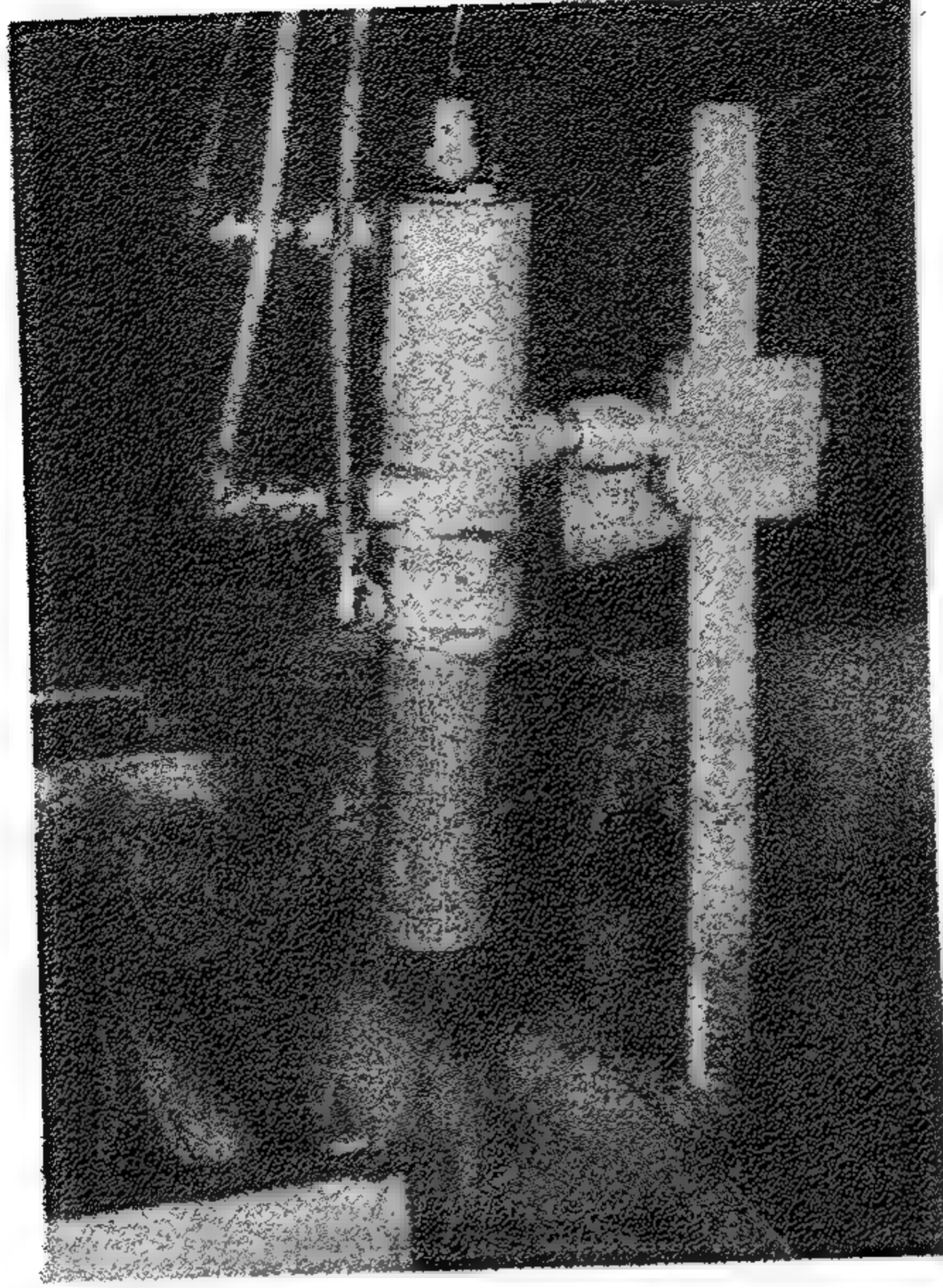
نسبياً من استجابة غلاف السيليكا Silica Sheath . ولإجراء حساب درجة حرارة المعدن بطريقة سريعة Rapid يتم استخدام نوع من المزدوجات الحرارية التي لا يعاد استعمالها مرة أخرى وتسمى Expendable type ، حيث تستخدم مرة واحدة فقط . وهذا النوع يلقي رواجاً واسعاً . والشكل رقم (٦٣) يوضح شكلاً لأحد أنواعه .

يمكن قياس درجة حرارة المعدن بالاستعانة بجهاز بيان أو تسجيل مقياس الجهد الكهربى Potentiometric Indicator or Recorder . وإذا تم تسجيل درجة حرارة المعدن فيصبح من السهل عمل ارتباط Cor-related مع المعلومات الأخرى الخاصة بأنظمة

تحليل الخردة Scrap Analysis Systems . وفى بعض الأحيان يكون من الضرورى الحصول على تسجيل مستمر لدرجة الحرارة Continuous Temperature Record للمعدن المصبوب من الفرن . ويمكن الحصول على هذا التسجيل باستخدام المزدوج الحرارى ذات الغلاف المصنوع من الألومينا Alumina Sheathed Thermocouple ، كما هو موضح بالشكل رقم (٦٤) . وعيوب هذه الطريقة أن الأغلفة غالية الثمن expensive ، وأنها سريعة التأثير بالصدمات الحرارية والميكانيكية Susceptible to Thermal & Mechanical Shock .

وقد وجد أن جهاز قياس الحرارة بالإشعاع ( البيروميتر ) Radiation Pyrometer يمكنه إعطاء نتائج دقيقة وموثوق فيها على شرط أن تجرى عملية الفحص على تيار معدن متدفق ونظيف ، على أن تكون منطقة الفحص خالية تماماً من الأبخنة Fumes . ويمكن تنفيذ هذا الأسلوب الفنى بوضع البيروميتر عند فتحة الصب أو معلقة الفرن أو فوق فتحة خزان المعدن ( البوشة ) ، كما هو موضح بالشكل رقم (٦٥) .





شكل (٦٥) جهاز قياس الحرارة بالإشعاع

### اختبارات التفتيش Control Tests

وهي تضم كلاً مما يأتي :

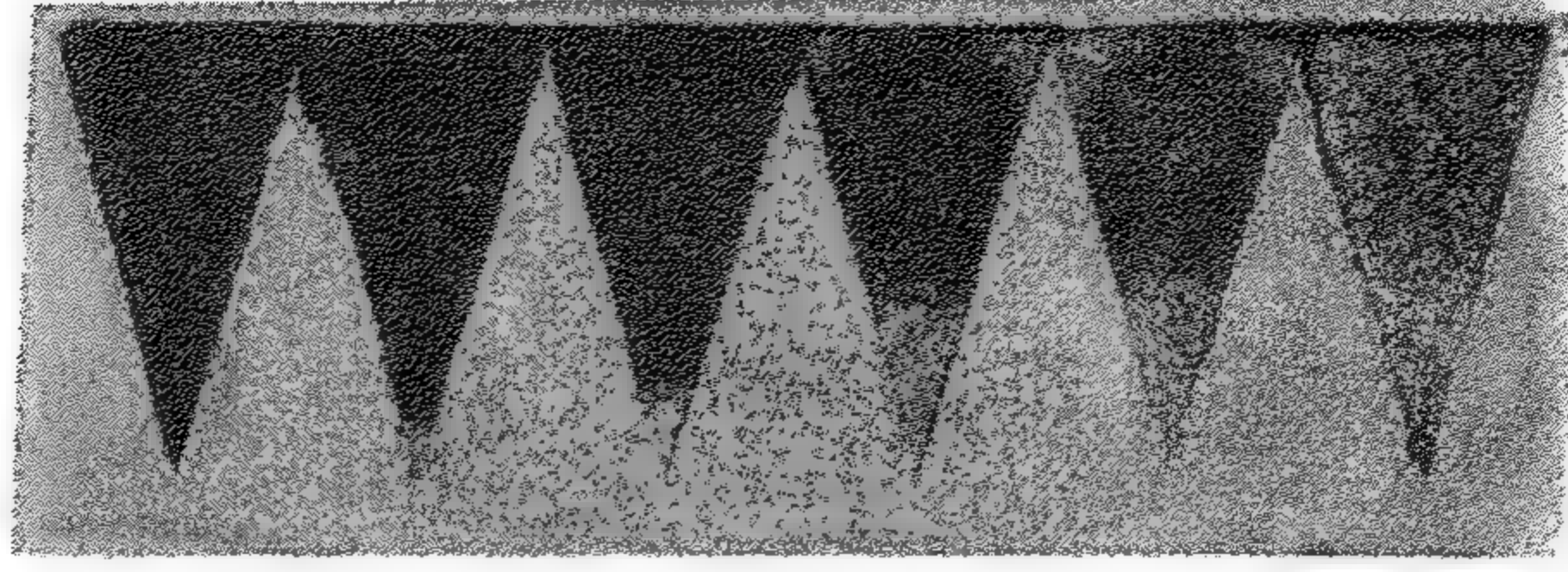
أ - اختبار التبريد المفاجئ Chill Test .

ب - اختبار التحليل الحراري Thermal Analysis .

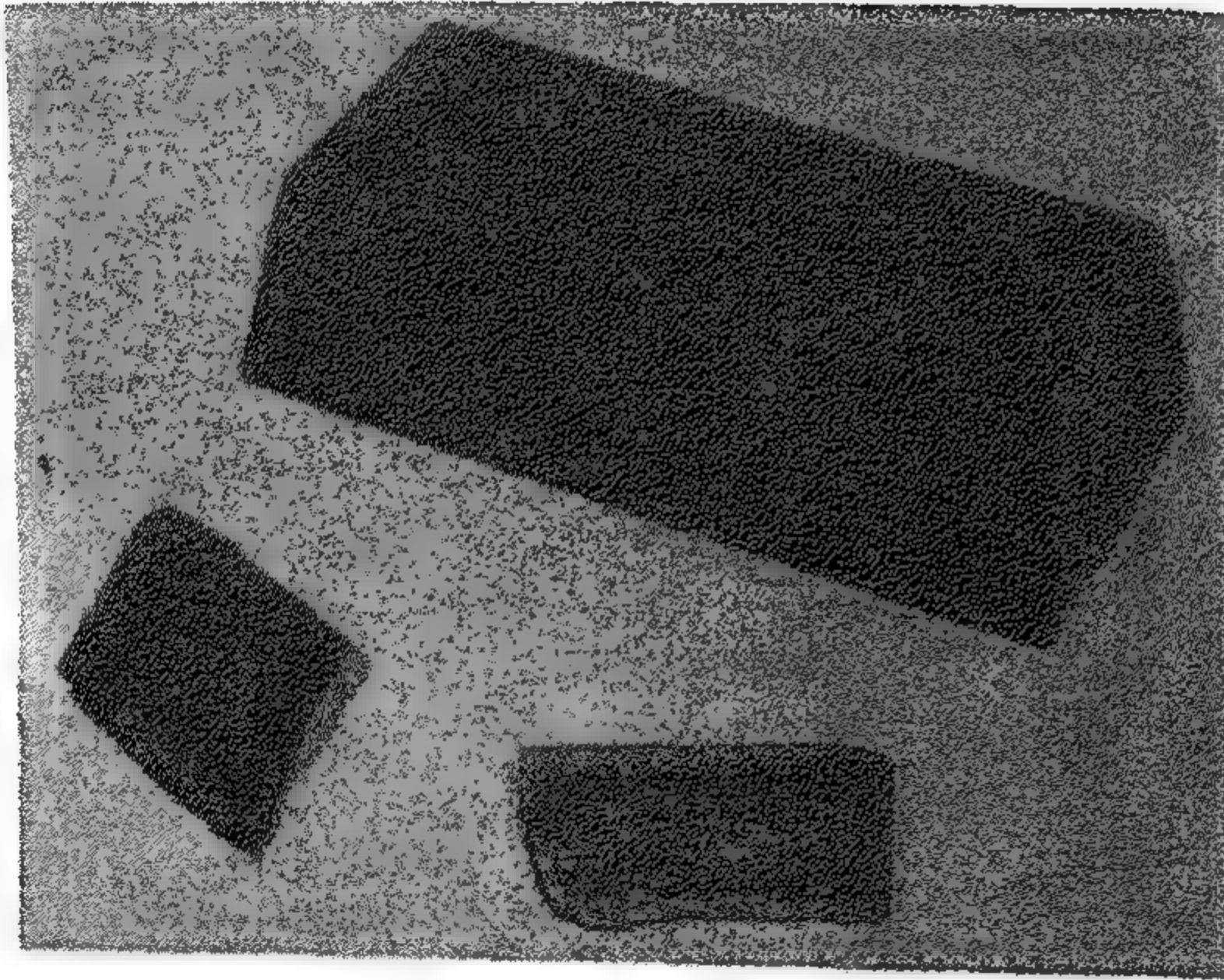
أولاً : اختبار التبريد المفاجئ Chill Test :

يعتبر اختبار التبريد المفاجئ هو الشكل الوحيد المتاح والممكن لمراقبة الجودة للسبائك . ويستخدم الاختلاف في خواص التبريد كمؤشر لبيان نوع الحديد الزهر أو لبيان جودة وكفاءة عملية التطعيم Efficiency of Inoculation Process . والشكل رقم (٦٦) يبين





شكل (٦٦) عينات إختبار المشط



شكل (٦٧) عينة إختبار مع الداليك الرملى للمشط.

مكسر بعض عينات

من نوع المشط

Wedge Test Piec-

es ، أما الشكل رقم

(٦٧) فيبين شكل

قالب تشكيل العينة .

ويعتبر إختبار التبريد

المفاجئ بالضغط

(التصقيع) Forced

Chill Test أكثر

حساسية - More sen-

itive من إختبار

المشط Wedge Test

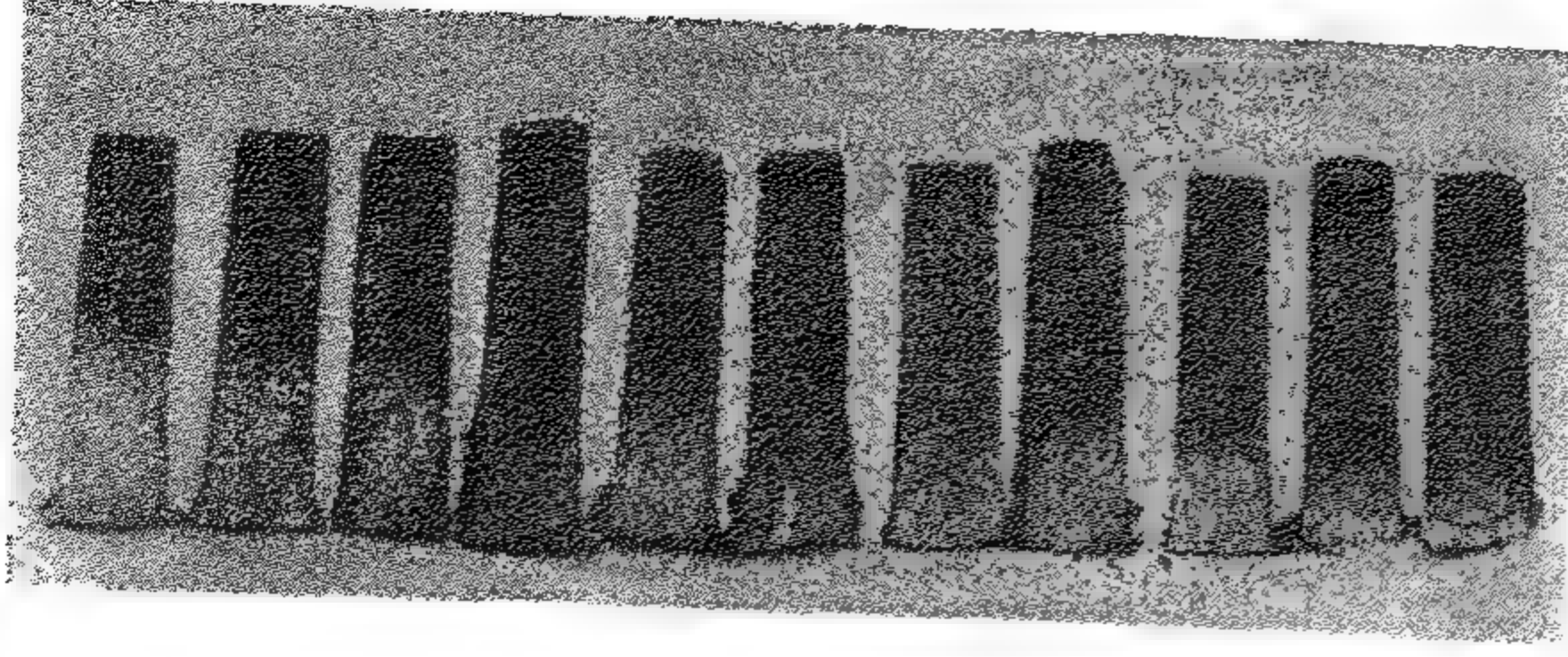
أما الشكل رقم (٦٨)

فيبين سلسلة Range من عينات إختبار التبريد المفاجئ . والعينة التى بها أكبر عمق تبريد

Greatest Depth of Chill يكون قيمة المكافئ الكربونى لها حوالى ٣.٧٤ Carbon

Equivalent Value ، بينما العينة التى بها أقل عمق تبريد Smallest Depth of Chill

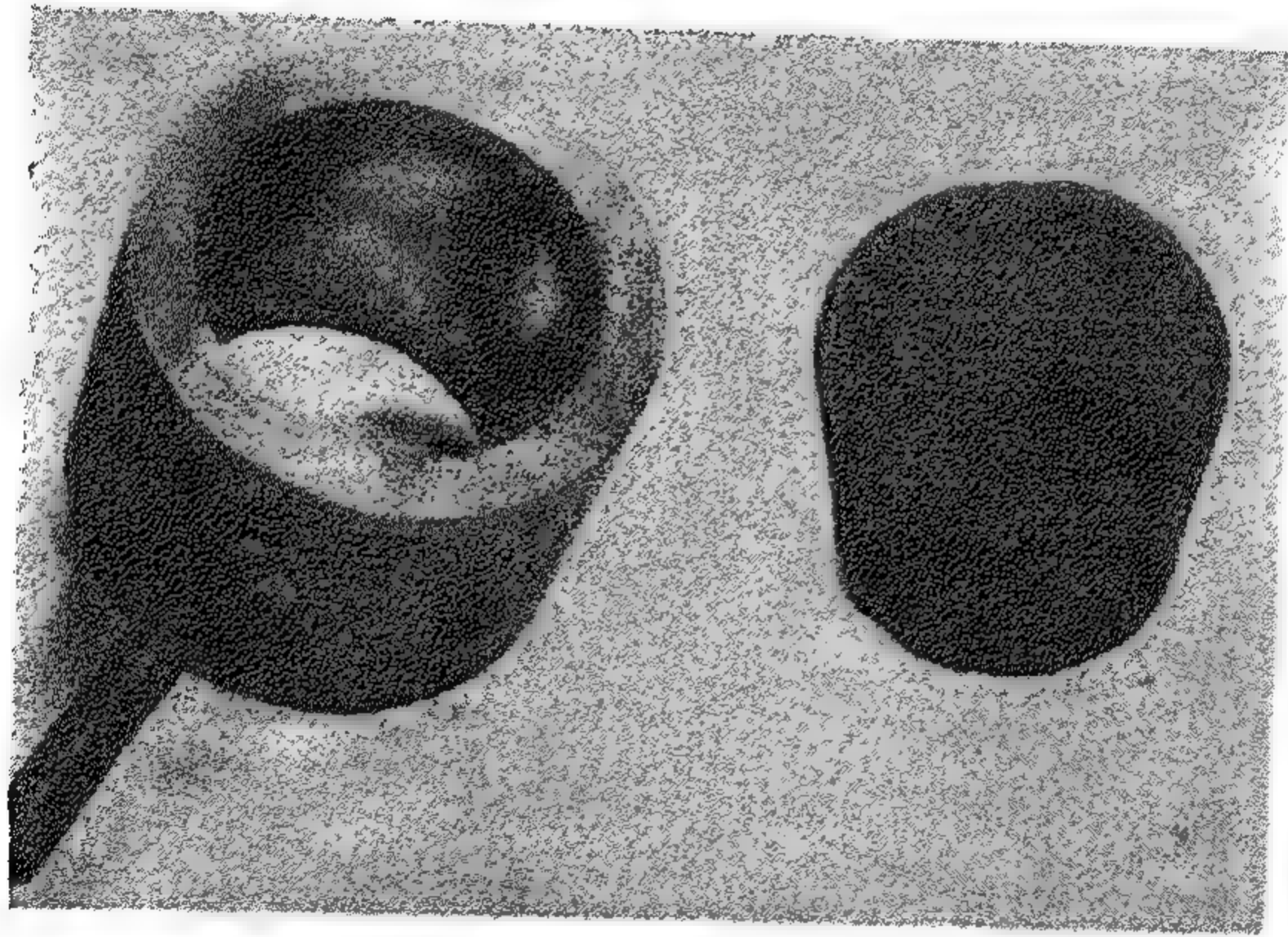
يكون المكافئ الكربونى لها ٤.٣٢ . أما الشكل رقم (٦٩) فهو يبين شكل المبرد Chiller



شكل (٦٨) عينات إختبار التبريد المفاجئ (التصقيع) تحت الضغط.

والداليك Core اللذين يتم استخدامهما في عمل اختبار التبريد المفاجئ باستخدام الضغط . ومقاسات عينة الاختبار هي ٥٠×٣٠×٦ مم . هذا ويتم وضع الشق الطولي

الموجود بالداليك في مواضع مختلفة داخل الحلقة عند كل اختبار وذلك لتجنب التسخين الزائد الموضعي للمبرد Localized Overheating ، وبالتالي تجنب انخفاض كفاءة التبريد .



شكل (٦٩) مبرد حلقي .

## ثانياً : التحليل الحرارى Thermal Analysis

إن أعظم فائدة لتفتيش الجودة ظهرت بخصوص تحديد تركيب المعدن هي ظهور جهاز التحليل الحرارى . وفي هذا الأسلوب يتم صب عينة من المعدن المنصهر في قالب ( عادةً مايكون القالب من النوع الذى يستعمل لمرة واحدة Expendable ، وفي اثناء برودة





هذه العينة يقوم هذا الجهاز برسم  
 منحني التبريد Cooling Curve  
 لهذه العينة بطريقة أوتوماتيكية  
 Automatically وتسجيله على  
 مسجل لدرجة الحرارة - Temper-  
 ature Recorder . أما درجة  
 الحرارة التي يحدث عندها الثبوت  
 الحراري بعد السيولة Liquidus  
 Arrest Temperature التي تم  
 تسجيلها على الجهاز فمن الممكن  
 عمل علاقة متبادلة Correlated  
 بينها وبين قيمة المكافئ الكربوني  
 لخط سيولة المعدن Liquidus .  
 ويمكن صياغة هذه العلاقة كما  
 يلي :

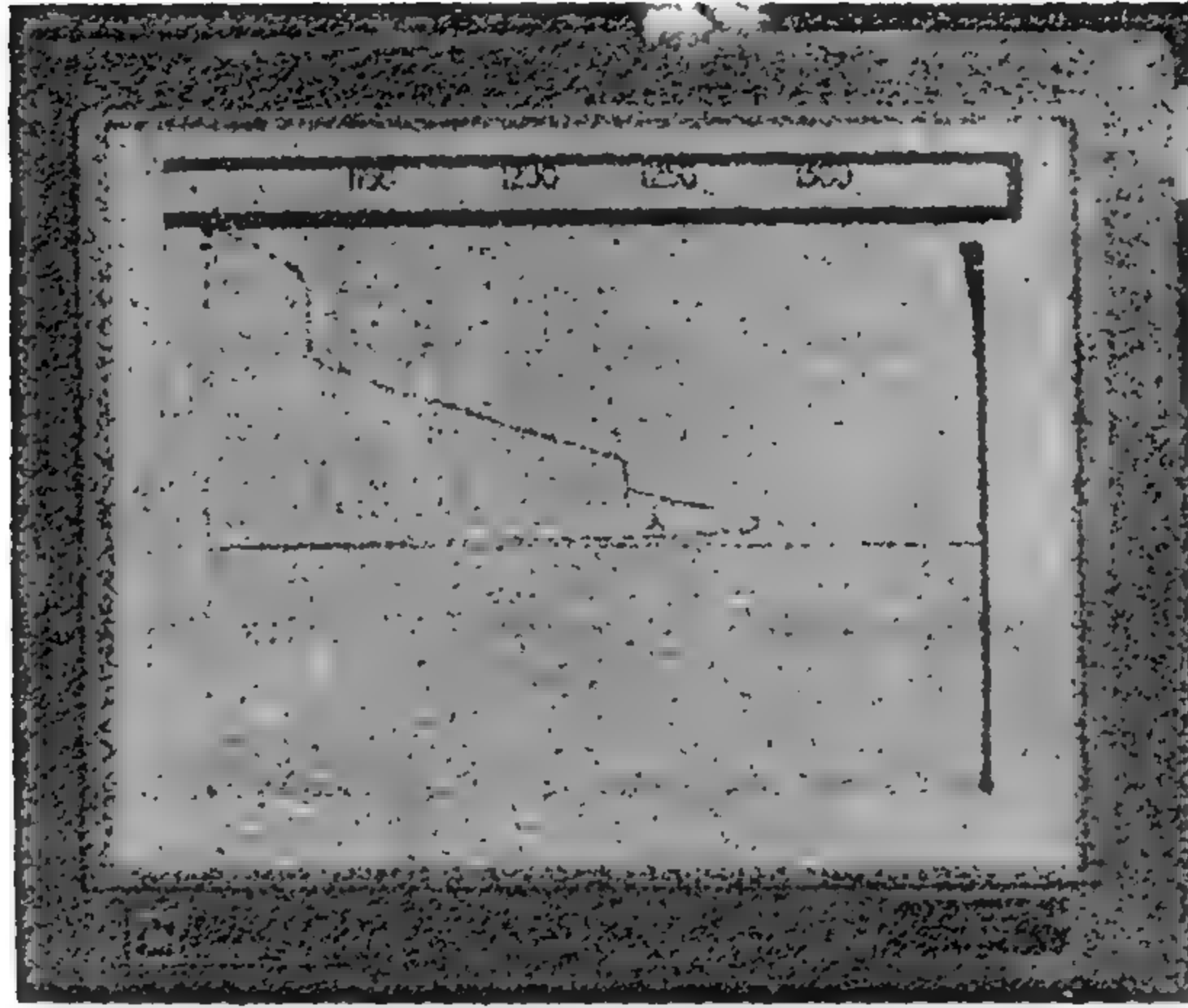
شكل (٧٠) جهاز قياس المكافئ الكربوني CEL

$$CEL = \%TC + \frac{\%Si}{4} + \frac{\%P}{2}$$

حيث CEL هي Carbon Equivalent Liquidus Value . وهذا يعتبر مرشداً  
 جيداً لتركيب حديد الزهر ، ولكنه لا يعطى أى بيان أو توضيح لحدود أو مستويات كل عنصر  
 على حدة في المعدن . والشكل رقم (٧٠) يوضح شكل جهاز التحليل الحراري الذي يقوم  
 بتحديد قيمة المكافئ الكربوني لخط السيولة . وعلى أية حال فإن العينة إذا تم تبريدها  
 وأعطت مكسراً أبيض بدلاً من المكسر الرمادي بسبب استعمال طلاء التليريوم ، فإن منحنى  
 التحليل الحراري سيظهر درجات الثبوت الحراري لكل من خط السيولة والإيوتكتيك Liquid-  
 us and Eutectic Arrest Temperatures كما هو موضح في الشكل رقم (٧١) ودرجتا  
 الحرارة هاتان تحددان مستوى وحيد للكربون في تركيب حديد الزهر ، وباستبدال هاتين  
 القيمتين عن طريق حاسب الكربون ( الموضوع بواسطة بكيرا ) فإنه يصبح من الممكن



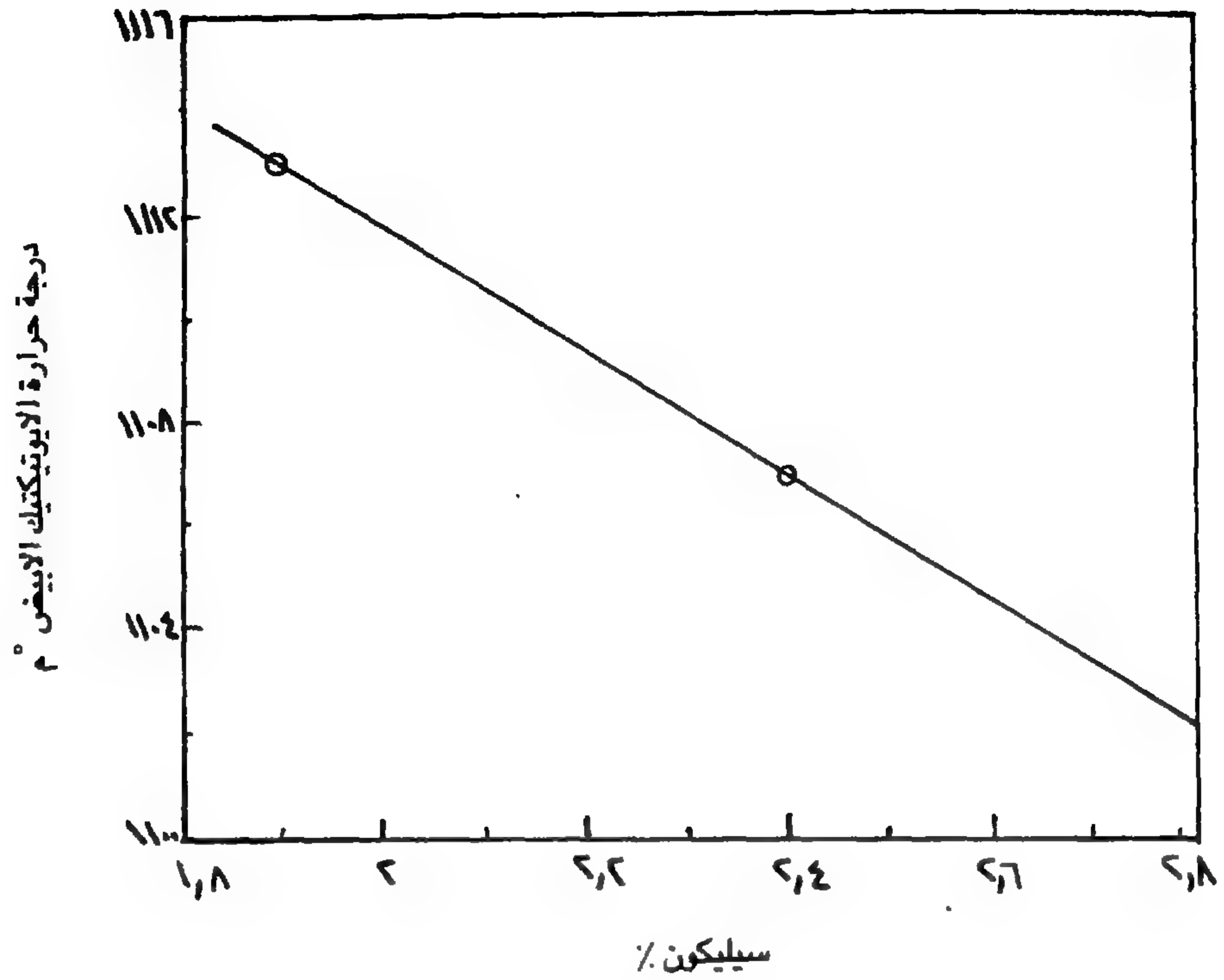
حساب نسبة الكربون في المعدن ( شكل رقم (٧٢) ) .



شكل (٧١) إستعمال قوالب مطلية بآثار من التيريوم .



شكل (٧٢) جهاز حساب الكربون من بكيرا .



شكل (٧٣) العلاقة بين درجة حرارة الايوتيكاتيك الابيض، والنسبة المئوية للسيليكون.

ويستخدم هذا الأسلوب الفنى للتنبؤ والتكهن بنسبة الكربون وذلك بدرجة دقة تصل إلى  $\pm 0.05\%$  ، وذلك فى مدة دقيقتين من صب عينة المعدن ؛ ليعطى التركيب المقبول تبعاً للمعادلة التالية :

$$4.05 > = \frac{\text{الكربون } \%}{3.5} + \frac{\text{السيليكون } \%}{9} + \frac{\text{الفوسفور } \%}{9}$$

والزهر لاتحدث له تنوية شديدة Not Heavily Nucleated عن طريق الأسلوب الفنى لعمليات الصهر أو التطعيم ، كما أنه لا يتم معالجته بالمغنسيوم أو السيريوم أو السبائك

## الشديدة Heavily Alloyed .

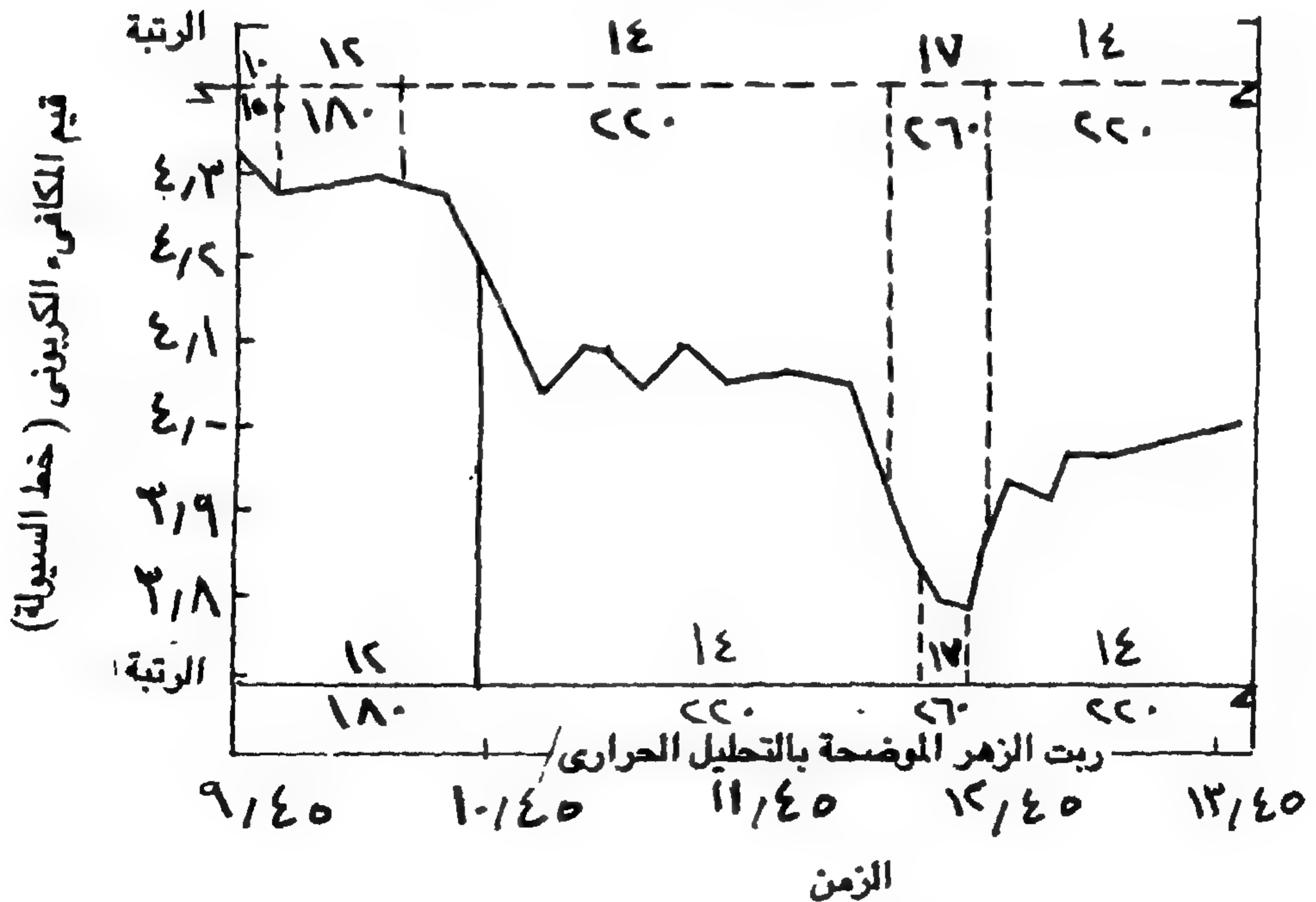
وفى أحوال كثيرة عندما تكون نسبة الفوسفور ذات قيمة مناسبة ، فإنه يمكن استخدام القيم المسجلة لكل من CEL ، وقيمة الكربون TC لتحديد نسبة السيليكون تبعاً للمعادلة :

$$\%Si = 4 ( CEL - \%TC ) - 2P\%$$

وتصل دقة هذه الطريقة إلى  $\pm 0.1\%$  سيليكون وهى تعتبر معقولة جداً للفرض المطلوب .

وفى بعض الأحيان قد تتحسن درجة دقة طريقة حساب نسبة السيليكون ، وذلك عن طريق رسم علاقة بيانية Control Graph بين درجة حرارة الإيوتكتيك الأبيض White Eutectic وبين نسبة السيليكون ، كما هو موضح فى الشكل رقم (٧٣) .

### رتب الزهر المتوقعة من اسلوب الشحن



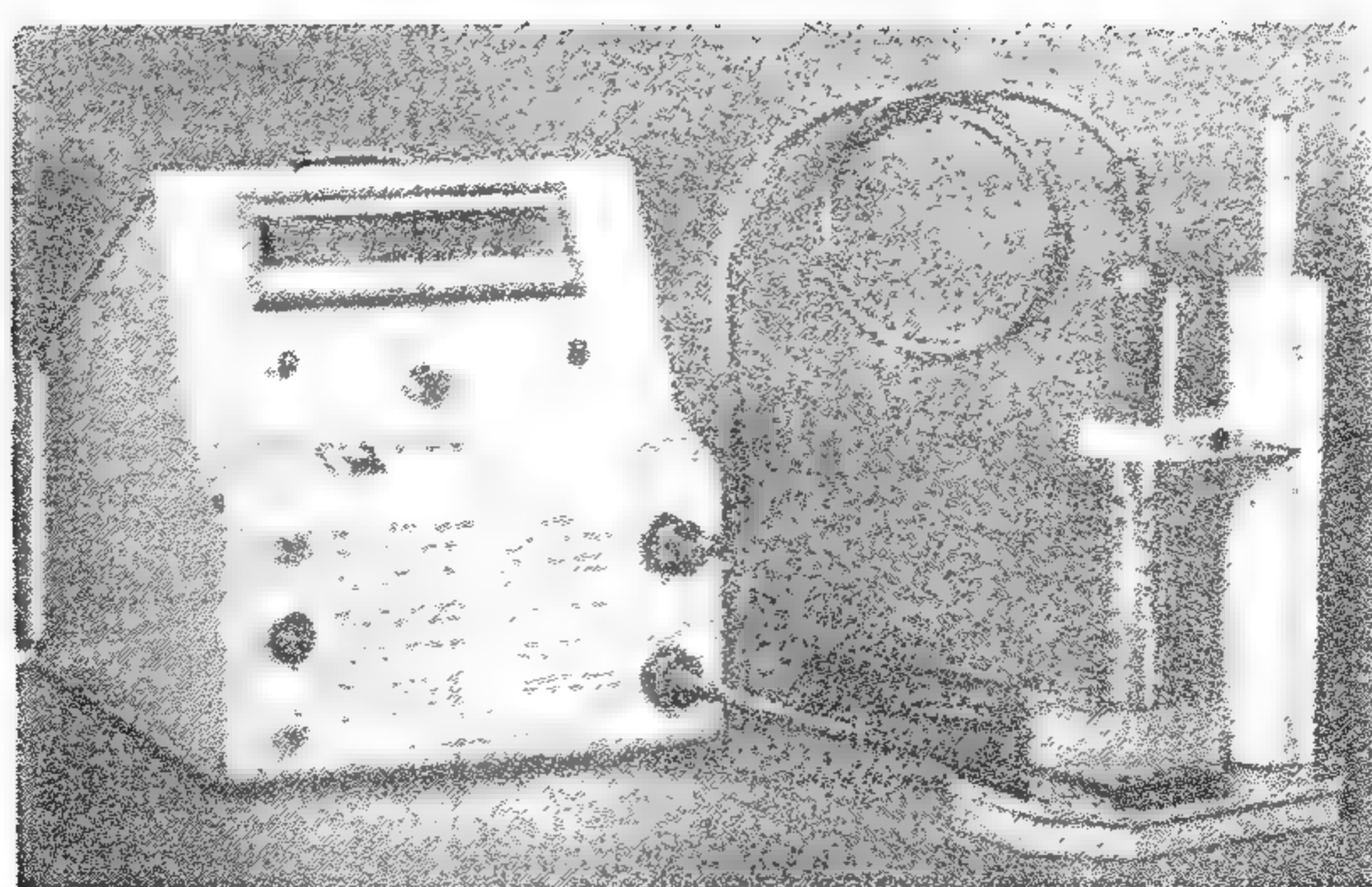
شكل (٧٤) علاقة قيمة المكافئ الكربونى بترتيب (Grades) الحديد الزهر الناتج.



وعملية استعمال التحليل الحرارى موضحة فى شكل (٧٤) الذى يضم نوعيات مختلفة من حديد الزهر والتي توضحها باستخدام التحليل الحرارى حيث تم مقارنتها بالنوعيات التى سبق توقعها مسبقاً فى أثناء سير عملية الشحن . وهذا يبين فائدة هذا الأسلوب الفنى فى ضمان صب النوعية الصحيحة من المعدن فى القالب .

### جهاز تعيين نسبة السيليكون Silicon Determinator

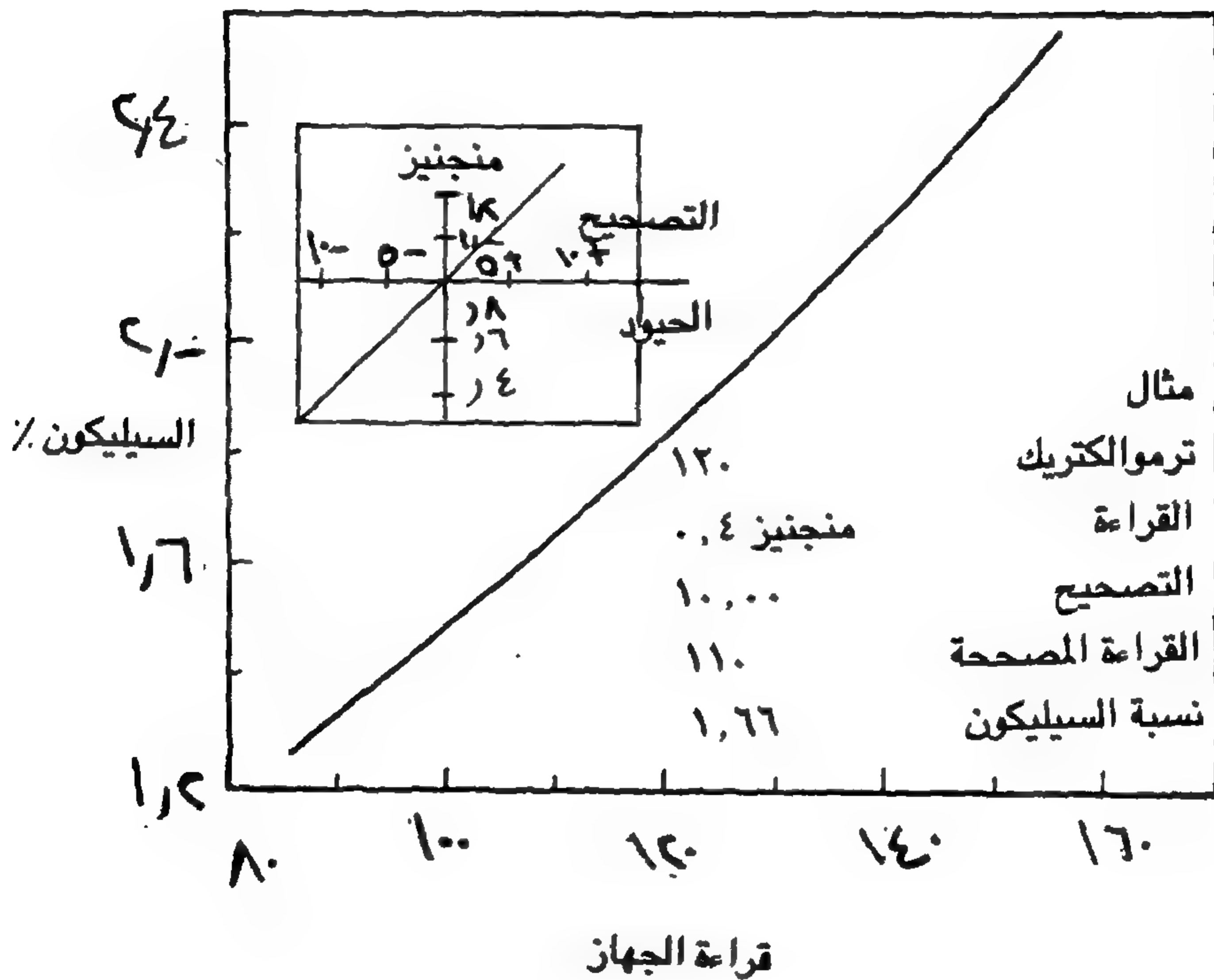
يعتبر جهاز تحديد نسبة السيليكون أحد الأجهزة المفيدة فى المسبك والشكل رقم (٧٥) يوضح صورة لهذا الجهاز . وتعتمد طريقة عمل هذا الجهاز على قيمة فرق الجهد الكهربى الناتج من دائرة كهربية مكونة من معدنين غير متماثلين عندما يتم الاحتفاظ بدرجات حرارة مختلفة بين وصلاته . وعينة الزهر إما أن تكون كتلة مصمتة Solid Block أو برادة Drillings يتم وضعها فى طبق مجوف Recessed Dish ( يعتبر هو الوصلة الباردة فى الدائرة الكهربية ) وتتم ملامسته مع مجس نحاسى مسخن ومحمول على يابى ( يعتبر هو الوصلة الساخنة فى الدائرة الكهربية ) ويتم بعد ذلك تسجيل فرق الجهد فى الدائرة ثم يتم استخدام الرسم البيانى الموضح فى شكل (٧٦) لتحديد نسبة السيليكون بالاستعانة بقراءة الجهاز . ويمكن بهذه الطريقة الحصول على نسبة السيليكون خلال دقيقة واحدة وبدقة تصل إلى  $\pm 0.1\%$  .



شكل (٧٥) جهاز تحديد نسبة السيليكون .

ويشترط لتجهيز العينة أن تكون إما ذات مكسر أبيض تماماً أو رمادي تماماً .

أما وجود اللون الأرقط ( نقط سوداء على أرضية بيضاء ) فيؤدى إلى انخفاض دقة الجهاز . ويجب أن تبذل عناية أكثر عند استخدام البرادة الناتجة عن عملية الثقب - Drill- ings ، لنضمن أنها لم تحترق Not Burnt فى أثناء عملية الإعداد . كما يجب أن تكون العينة كافية لكى تملأ فراغ الطبق المجوف ، كما يجب أن تكون خالية تماماً من الأتربة Dust والحبيبات الدقيقة Fines . أما العينات المتماسكة فيجب طحنها للحجم المناسب بون أحداث تسخين زائد Over Heatings .



شكل (٧٦) منحنى معايرة السيليكون

## الباب العاشر

### إزالة الكبريت من الزهر وإضافة مواد الكربنة

#### Desulphurization and Carburization of Iron

فى مجال سباكة المعادن هناك عمليتان مهمتان ، هما عملية إزالة الكبريت من الحديد الزهر ، وعملية إضافة الكربون لتركيبية الزهر ، وهناك العديد من الأسباب التى تدعو إلى الاهتمام بهاتين العمليتين ، منها :

**أولاً :** إن هاتين العمليتين هما اللتان تجعلان الحديد قادراً على إنتاج النوعية المطلوبة بالتركيب المطلوب مع استعمال خامات رخيصة الثمن . فمثلاً إذا تم استبدال جزء من زهر التماسيح فى الشحنة بكمية من خرده الزهر فقد تحتاج إلى إجراء عملية لإزالة الكبريت . وإذا تم استبدال جزء من زهر التماسيح بما يعادله من خرده الصلب فيصبح من الضرورى إجراء عملية كربنة ، ربما إلى جانبها عملية إزالة كبريت .

**ثانياً :** فى حالة إنتاج حديد زهر كروى Nodular Irons نجد أنه إذا زادت نسبة الكبريت فى الزهر قبل معالجته تزداد بالتالى كمية مواد التطعيم المستخدمة فى هذه العملية Nodularizing Alloy ، وبالتالى إذا احتوى المعدن على نسبة منخفضة من الكبريت قبل إجراء العملية ، فإن هذا سيؤدى بالتالى إلى توفير نفقات وتكلفة المواد المضافة إلى الزهر لتحسين خواصه وإلى تجنب المسبوكات المعيبة نتيجة احتوائها على خبث أو عكارة Inclusion or Dross .

**ثالثاً :** قدرة حديد الزهر المعالج بهذه الطريقة على إعطاء مرونة أكبر للمسبك لإنتاج العديد من نوعيات الزهر المختلفة باستعمال نفس الخامات الأساسية المستخدمة فى شحنة فرن الدست .



## العوامل المؤثرة على كفاءة عمليات المعالجة

### Factors Affecting the Efficiencies of the Treatment Processes

تعتمد كفاءة عمليات الكربنة وإزالة الكبريت على العوامل التالية :

- ١ - نوعية العامل المستخدم Agent Used .
- ٢ - درجة حرارة المعدن Metal Temperature .
- ٣ - تركيب المعدن Metal Composition .
- ٤ - درجة خلط العامل المستخدم في المعدن Degree of Mixing .

أولاً : العامل المستخدم :

إن نوعية مادة الكربنة لها تأثير مميز على كل من معدل نويان الكربون Carbon Solution وعلى عائد الكربون Carbon Recovery ، وهذا يتضح عند صب زهر منخفض الكربون في درجة حرارة ١٥٠٠°م مع استعمال أنواع مختلفة من مواد الكربنة

نوع مادة الكربنة ( الحجم اقل من ٦.٤ مم ) Carburizer type	نسبة التقاط الكربون % Carbon pick up %	نسبة الكربون الناجح % Carbon yield %
جرافيت عالي النقاوة high-purity graphite	٠.٣٧	٧٤
عامل كربنة درجة ثانية Carburizer grade 2	٠.٢٤	٤٨
كسر الكترودات درجة أ electrode scrap grade A	٠.٢٤	٤٨
انثراسيت Anthracite	٠.٢٠	٤٠
تراب كوك جاف Coke dust-dried	٠.١٩	٣٨
جرافيت Kish graphit	٠.١٩	٣٨
تراب فحم Cooldust	٠.١٢	٢٤

جدول رقم (١٧) أنواع مواد الكربنة .

Carburizers . وهذا موضح فى الجدول رقم (١٧) .

ويعطى الجرافيت ذات النقاوة العالية نسبة مرتفعة لعائد الكربون تصل إلى حوالى ٧٤٪ ، بينما تعطى النوعية المنخفضة من الجرافيت نسبة تصل إلى ٤٨٪ ، أما الانثراسيت . فيعطى عائداً بنسبة ٤٠٪ ، وكسر فحم الكوك يعطى ٣٨٪ ، أما تراب الفحم فيعطى ٢٤٪ فقط .

وخلاصة هذه النتائج أنه كلما ارتفعت درجة نقاء Purity مادة الكربنة كلما زادت نسبة الاستفادة منها Recovery ، وبالإضافة إلى انخفاض نسبة الاستفادة فإن استخدام مواد الكربنة ذات درجة النقاوة المنخفضة Lower Purity مثل تراب الفحم والانثراسيت وتراب الكوك ينتج عنها كميات كبيرة من الأبخرة والسحب Smoke & Fume ، كما أنه يعطى كميات زيادة من الخبث Dross على سطح المعدن المنصهر .

إذا تم استخدام أسلوب معالجة المعدن بطريقة فعالة فيمكن الحصول منه على عائد كربونى مرتفع مع استخدام مادة كربنة ذات نوعية منخفضة أعلى مما هو مبين بالجدول السابق (١٧) ، وعموماً فإن هناك نقطة إضافية يجب أن تؤخذ فى الاعتبار ، خصوصاً عند إنتاج حديد الزهر الكروى ، وهى نسبة إحتواء مادة الكربنة على عنصر الكبريت ، حيث إن معظم الكبريت الموجود فى مادة الكربنة يقوم المعدن بامتصاصها ، وهذه المسألة مهمة جداً فى أفران الصهر الكهربائية ، حيث يتم إضافة كميات كبيرة من مواد الكربنة . وعلى سبيل المثال فإن مادة الكربنة التى تحتوى على كبريت بنسبة ١٪ سوف تؤدى إلى زيادة نسبة الكبريت فى المعدن بنسبة ٠.٠١٪ لكل زيادة فى نسبة الكربون بمقدار ١٪ وعند إنتاج حديد زهر كروى فإن هذه العملية سوف تؤدى إلى زيادة تكلفة عملية الإنتاج وفى هذه الحالة فإنه يجب استعمال مادة كربنة منخفضة الكبريت .

إن عملية نوبان الكربون فى المعدن هى عملية ماصة للحرارة Endothermic Process ، حيث تنخفض درجة حرارة المعدن بمقدار ٨٠°م على الأقل لكل زيادة من الكربون مقدارها ٠.٠١٪ . وعلى هذا إذا تم صب حديد زهر يحتوى على كربون بنسبة ٣٪ من فرن دست حامضى وتم إجراء عملية معالجة خارج الفرن External Treatment لرفع نسبة الكربون إلى ٣.٨٪ فإن درجة حرارة المعدن ستتنخفض بمقدار ٦٥°م بالإضافة إلى الفقد

## الطبيعى نتيجة الاشعاع Normal Radiation Losses .

والعامل Agent الأكثر استعمالاً فى عملية إزالة الكبريت من الحديد الزهر المنصهر هو كربيد الكالسيوم . أما كربونات الصوديوم والمعروفة باسم رماد الصودا ( الصودا آش Soda Ash ) والجير المحروق فيتم استخدامهما فى حدود ضيقة . وعموماً فليس هناك قواعد محددة يمكن اتخاذها عند اختيار عامل إزالة الكبريت ؛ حيث إن هذا يعتمد على عوامل عديدة . ومواد إزالة الكبريت تعتبر هى أهم عنصر لإجراء العملية وأهم النقاط التى يتم أخذها فى الاعتبار عند اختيار مواد إزالة الكبريت موضحة فى جدول (١٨) .

عوامل الاختيار	كربونات الصوديوم	كربيد الكالسيوم
الخبث المتكون	سيولة عالية - صعوبة كبيرة فى الإزالة	يتجمع ويمكن إزالته بسهولة
الادخنة	أدخنة كثيرة مع ضرورة سحبها	لايسببمشكلة
الفقد فى السيليكون	يصل إلى ٠.٣٪	صغير جداً
الفقد فى درجة الحرارة	كبير	بسيط حيث إن التفاعل طارد للحرارة
نوع الحرارية	تفضل القاعدية	قليل الأهمية
ظروف التخزين	يجب أن يحفظ جافاً	يجب أن يخضع لترتيبات وقواعد موضوعة

جدول رقم (١٨) المقارنة بين خواص كربونات الصوديوم وكربيد الكالسيوم .

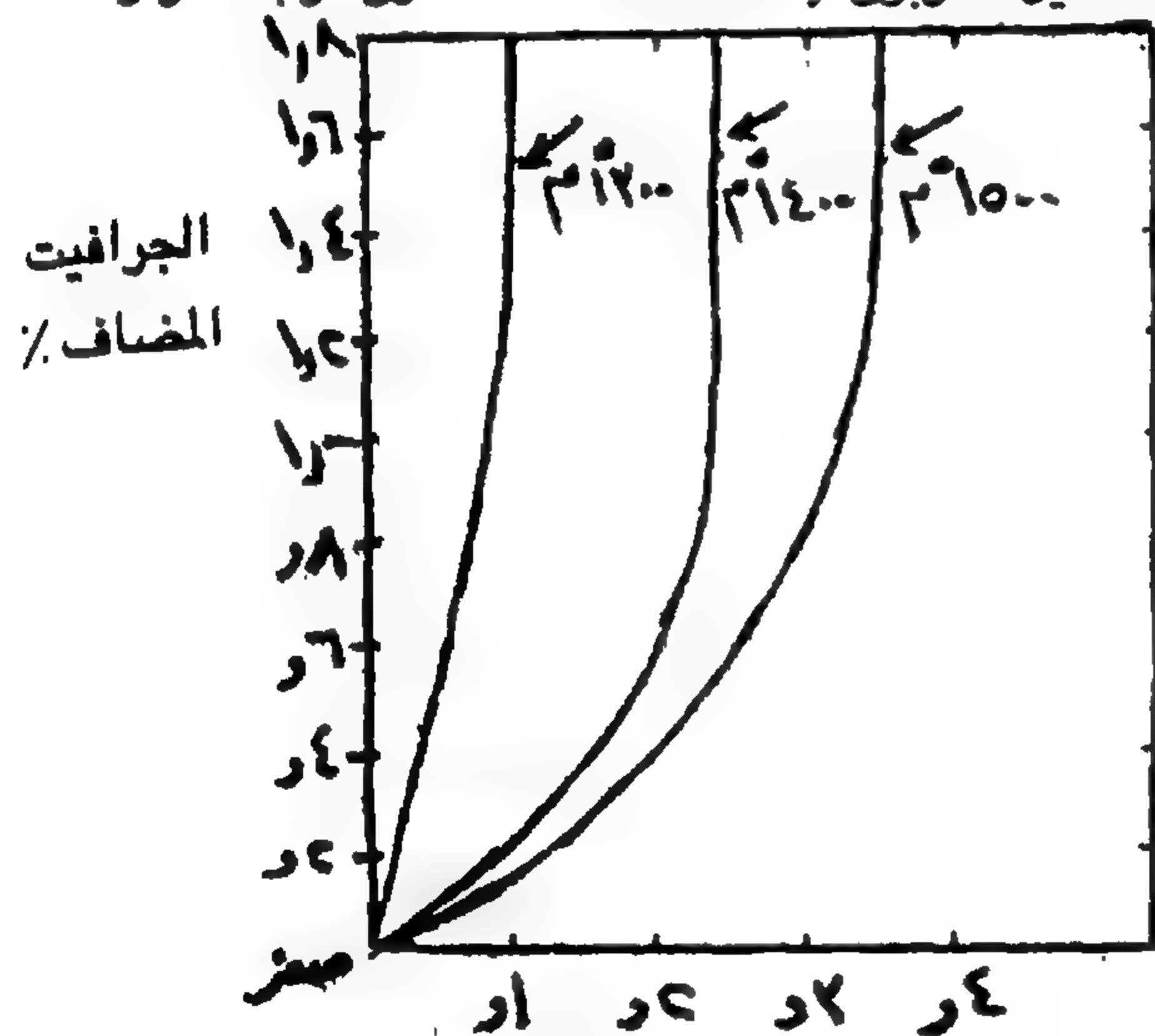
وبعيداً عن العديد من عيوب كربونات الصوديوم التجارية Soda Ash ، فإنه يمكن اعتباره العامل الوحيد الذى يمكنه إجراء عملية إزالة الكبريت بدرجة كبيرة وعظيمة وذلك باستعمال الطريقة البسيطة لصب المعدن فى البوتقة ؛ بينما استخدام الجير وكربيد الكالسيوم لا يكون فعالاً إذا لم يحدث تقلب للمعدن بدرجة شديدة High Degree of Metal Turbulence والنتائج المثالية تعطى خفضاً لنسبة الكبريت من ٠.١٪ إلى ٠.٠٤٪ عند إضافة كربونات الصوديوم بنسبة ١٪ . ولهذا السبب فإن كربونات الصوديوم تكون مفيدة جداً فى حالة المصانع الصغيرة التى تعمل فى إنتاج الزهر الكروى عن طريق صهر المعدن فى أفران الدست الحامضية ، والتى بها نظام غير محكم لإجراء عملية المعالجة لإزالة الكبريت بكفاءة من المعدن .



وعند إنشاء نظام فعال لإجراء عمليات لمعالجة المعدن . وفي حالة ضرورة إجراء عمليات كربنة وإزالة للكبريت في وقت واحد ، فإنه يصبح من الممكن استعمال مواد كربنة رخيصة الثمن وتحتوى على كبريت بنسبة أعلى من تلك التى تستخدم فى عمليات الكربنة فى الأفران الكهربائية ، ويقوم مزيل الكبريت بمنع الكبريت الموجود فى مادة الكربنة من النويان فى المعدن .

### ثانياً : درجة حرارة المعدن Metal Temperature

إن تأثير درجة حرارة المعدن على درجة الاستفادة من عملية الكربنة واضح تماماً عند صب المعدن فوق جرافيت ثم وضعه فى بوتقة Ladle . والشكل رقم (٧٧) يوضح أفضل تأثير لعملية الكربنة يتم الحصول عليها مع أقصى درجة حرارة للمعدن . وعند إضافة الجرافيت بنسبة ١٪ وجد أن درجة تحصيل الكربون Recovery عندما تكون درجة حرارة



الزيادة فى النسبة المئوية للكربون

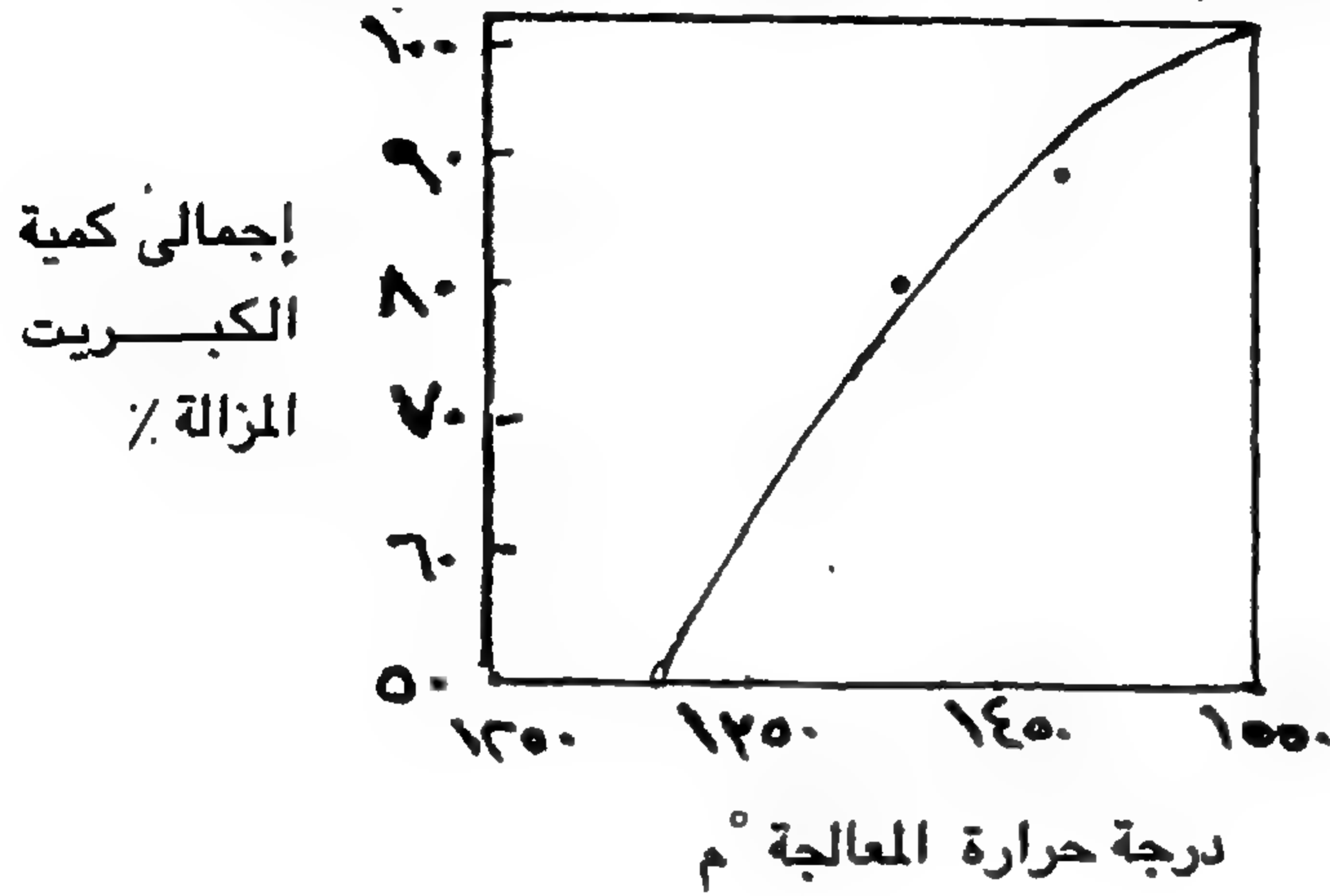
شكل (٧٧) تأثير درجة حرارة المعدن على درجة اكتساب الكربون.

المعدن ١٥٠٠°م تصل إلى أربعة أضعاف ماتم الحصول عليه عند درجة حرارة ١٣٠٠°م .

وبالمثل فإن عملية إزالة الكبريت باستخدام كربيد الكالسيوم تتحسن أيضاً عند إجرائها فى درجة حرارة معدن مرتفعة . والشكل رقم (٧٨) يوضح كميات الكبريت التى تم إزالتها عندما تم معالجة المعدن باستخدام كربيد الكالسيوم التجارى بنسبة ١٪ مع استخدام هواء بمعدل ٠.٢٣ متر<sup>٣</sup>/دقيقة

وذلك لمدة دقيقة واحدة بهدف إحداث اضطراب وتقليب المعدن Agitation ، وذلك من خلال بوتقة ذات سدادة مسامية Porous-Plug Ladle . وقد لوحظ أن كفاءة عملية إزالة الكبريت

معدن معالج مع ١٪ كبريد الكالسيوم التجارى وتم تقلبيه  
 باستخدام الهواء بمعدل ٨ قدم ٣ / دقيقة لمدة دقيقتين .



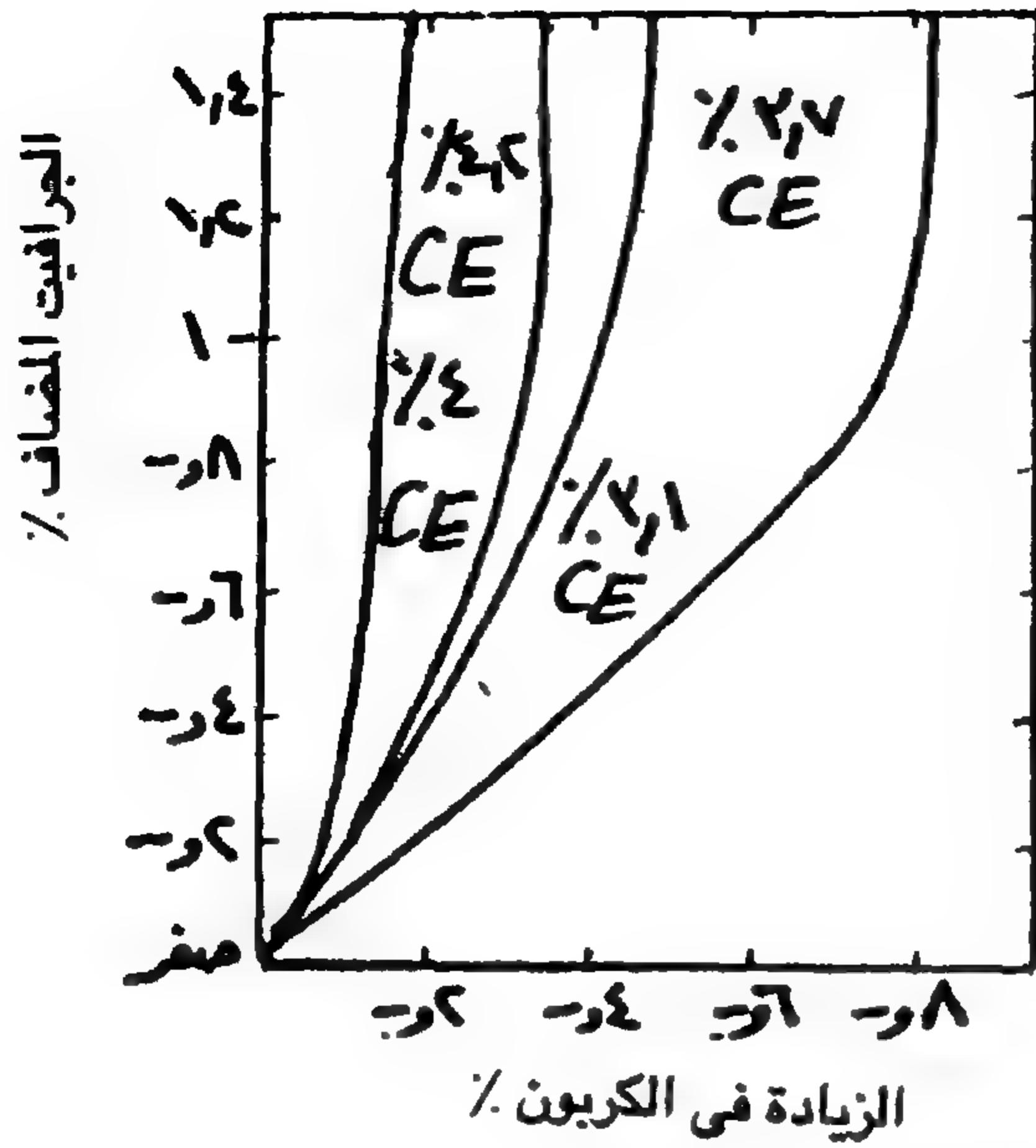
شكل (٧٨)  
 تأثير درجة حرارة المعدن  
 على عملية إزالة الكبريت

التي أجريت فى درجة حرارة ١٣٢٠°م تمثل نصف كفاءتها عند إجرائها فى درجة حرارة ١٥٥٠°م . أما كربونات الصوديوم فهى على أى حال لاتعتمد على درجة حرارة المعدن ، بينما يحدث انخفاض طفيف لكفاءتها عندما تكون درجة حرارة المعدن منخفضة .

### ثالثاً : تركيب المعدن Metal Composition

إن كفاءة عملية الكربنة تعتمد على قيمة المكافئ الكربونى Carbon Equivalent للحديد الزهر المنصهر . والشكل رقم (٧٩) يوضح النتائج التى تم الحصول عليها عند صب حديد زهر يحتوى على قيم مختلفة للمكافئ الكربونى مع إضافة كميات مختلفة من الجرافيت وذلك عند درجة ١٥٠٠°م . وهذا يبين أن نوبان الكربون فى حديد الزهر يحدث له تأخير فى حالة أنواع الحديد الزهر التى لها مكافئ كربونى ذات قيمة مرتفعة . وعند إضافة جرافيت بنسبة ١٪ إلى زهر ذات مكافئ كربونى ٤.٢٪ فإن كفاءة عملية الكربنة تصل لحوالى ١٥٪ بينما فى حالة الزهر ذات المكافئ الكربونى ٣.١٪ تصل كفاءة العملية إلى ٨٠٪ .

وبالمثل فإن كفاءة عملية إزالة الكبريت تعتمد على مستوى الكبريت قبل إجراء العملية وعلى نسبة الكبريت النهائية المطلوبة . وكلما زادت نسبة الكبريت فى الحديد كلما زادت سهولة العملية .



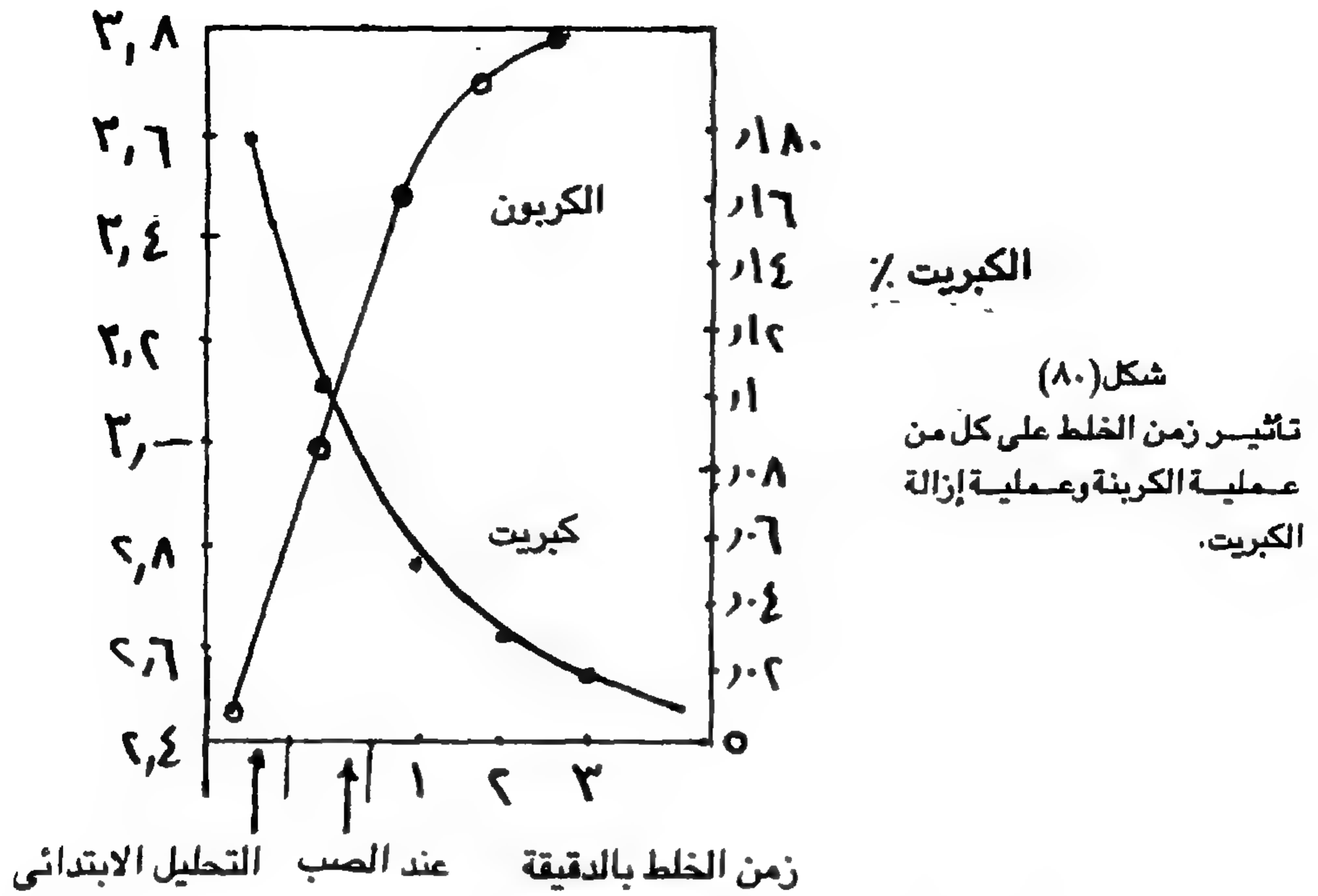
شكل (٧٩)  
تأثير تركيب المعدن على  
درجة اكتساب الكربون

#### رابعاً : درجة الخلط Degree of Mixing

تحدث بعض الصعوبة القليلة عموماً عند محاولة إضافة بعض السبائك إلى الحديد الزهر المنصهر ، وذلك بهدف تعديل التركيب الكيميائي النهائي Modification ، حيث إن هذه المواد على وجه العموم عندما تكون في الصورة المعدنية ، فإنها تنوب بسرعة في المحلول . وليس هذا ما يحدث في عمليات الكربنة أو إزالة الكبريت حيث إن كلاً من مواد الكربنة ومزيلات الكبريت كلها مواد خفيفة الوزن Light ومواد غير معدنية Non Metallic وإذا تم إضافتها إلى بوتقة بها معدن منصهر فإن هذه المواد سوف تطفو على سطح المعدن Metal Surface ، وبالتالي سيكون تفاعلها مع المعدن ضئيلاً جداً .

إن أهمية تأثير عملية الخلط Mixing Action موضحة في الشكل رقم (٨٠) ، حيث يوضح النتائج التي تم الحصول عليها عند صب المعدن مع إضافة الجرافيت وكربونات الصوديوم والمتبوعة بعد ذلك بعملية خلط المعدن بالمواد المضافة باستخدام الهواء المضغوط الذي يتم دفعه من خلال ماسورة جرافيت غاطسة Submerged Graphit Lance ، وتؤدي عملية صب المعدن إلى حدوث عمليات الكربنة وإزالة الكبريت بدرجة عظيمة ؛ ولكن استخدام أسلوب الخلط فقط لمحتويات البوتقة ولدة ثلاث دقائق مع حدوث تقلب معقول Induced





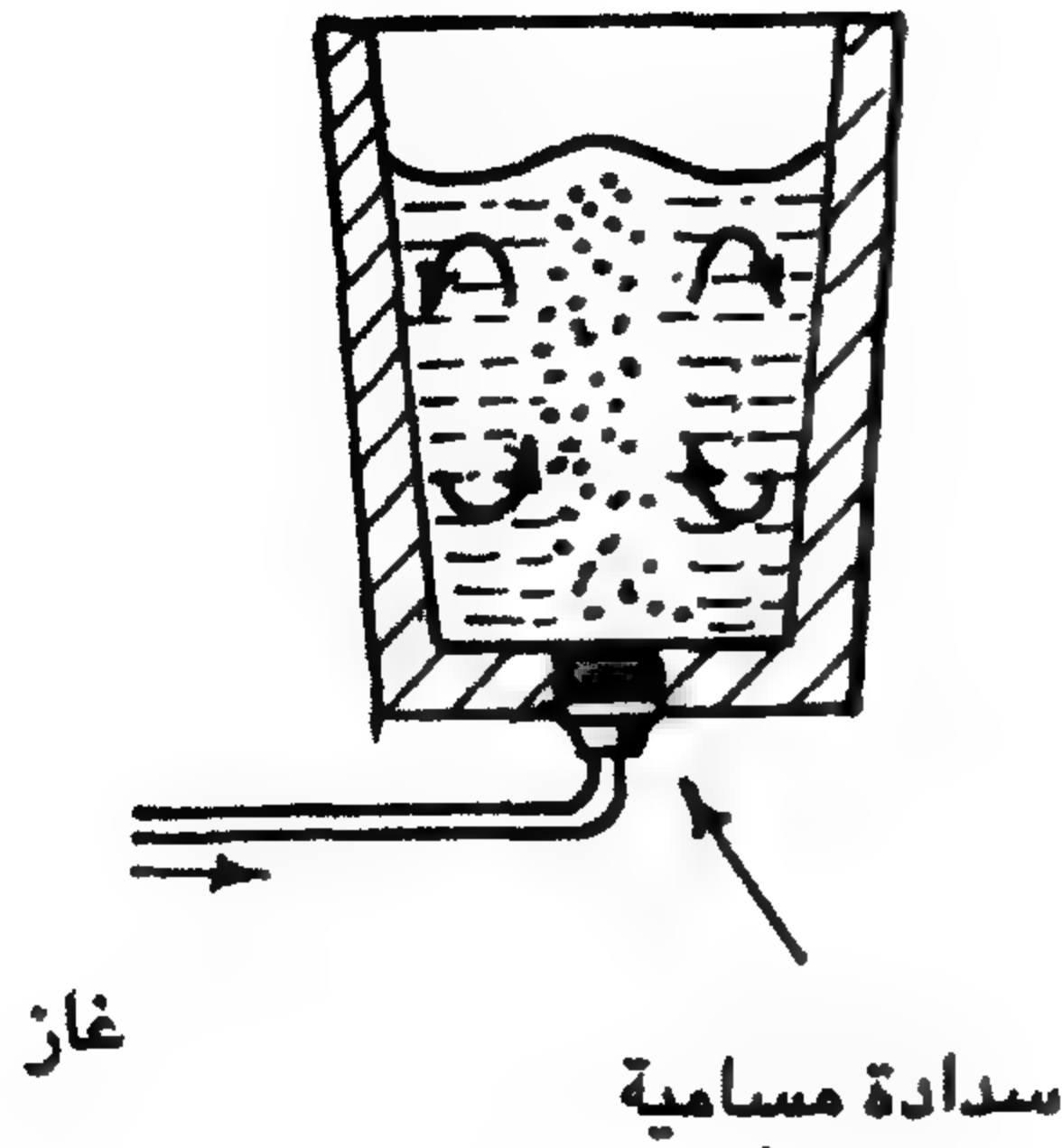
Turbulence يؤدي إلى حدوث زيادة هامة جداً لعمليات الكربنة وإزالة الكبريت .

### طرق معالجة المعدن Metal Treatment Processes

ظهر في الفترة الأخيرة عدداً من الطرق التي تجعل السبائك قادراً على إجراء عمليات الكربنة وإزالة الكبريت للحديد الزهر والوصول به إلى المستويات المطلوبة وبطريقة ملائمة . وبدون استثناء فإن هذه الطرق كلها تشتمل على بعض الوسائل الصناعية لخلق اضطراب ( تقليب ) داخل المعدن بهدف إحداث تفاعل واتصال Contact بين مواد التفاعل وبين المعدن ، وبالتالي يزيد كل من معدلات التفاعل Reaction Rates وكفاءة التفاعل Efficiency .

### البوتقة ذات السدادة المسامية Porous-Plug Ladle

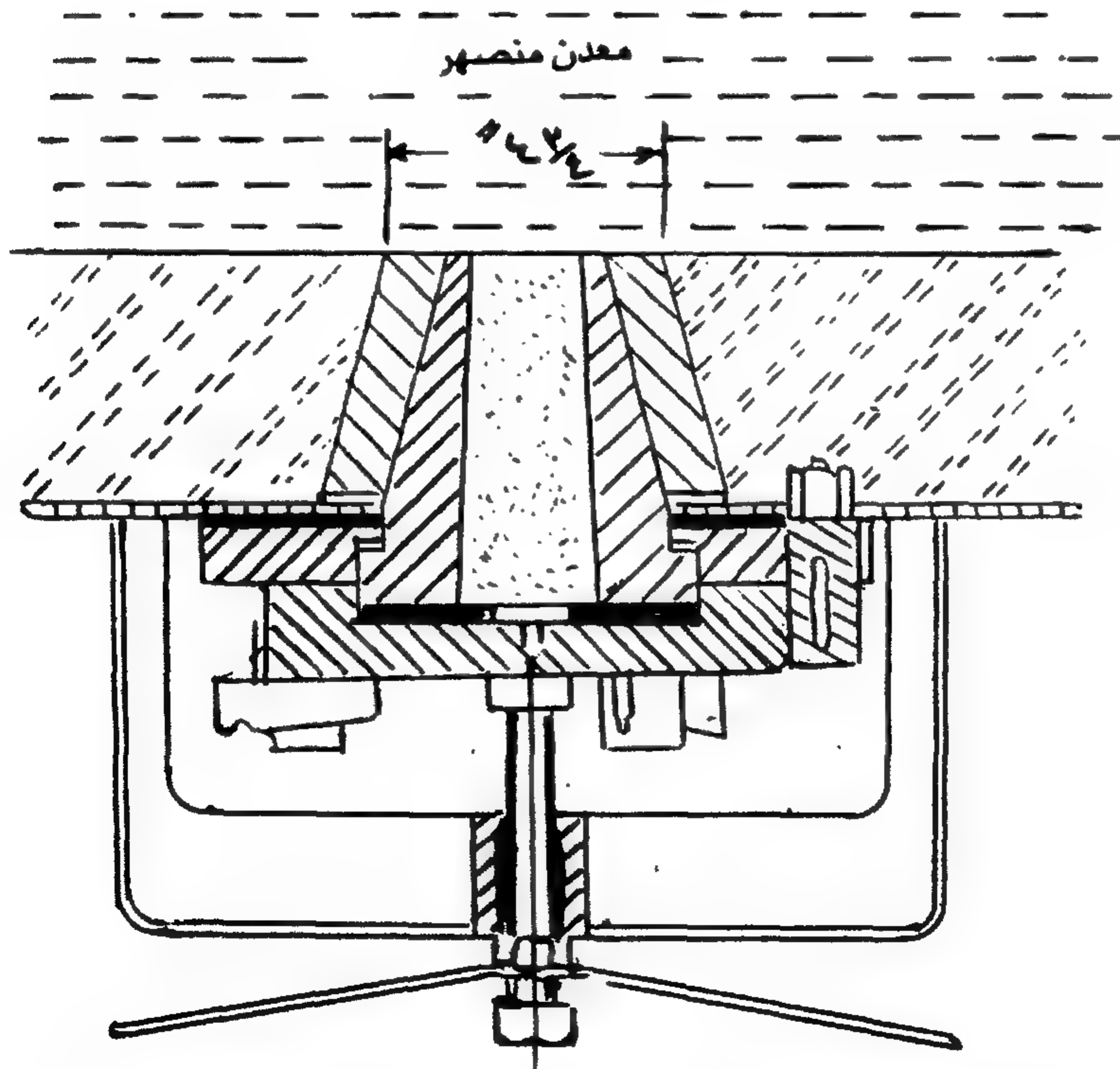
لقد قدمت البوتقة ذات السدادة المسامية طريقة فنية رخيصة التكاليف لإحداث اضطراب للمعدن Agitation ومواد الكربنة ومزيلات الكبريت كما هو موضح بالشكل رقم (٨١) . إن عملية إدخال الغاز من خلال السدادة المسامية الموجودة في قاع البوتقة تؤدي



شكل (٨١) طريقة تقليب المعين  
باستخدام السدادة المسامية.

إلى خلق Creat تقليب ( اضطراب - هيجان )  
Stirring عنيف . واستخدام هذه الطريقة  
يهدف إلى تحسين تأثير التفاعل الميخالورجي  
للعملية . وفي البداية تم استخدام هذه الطريقة  
على نطاق ضيق ومحدود بسبب رداءة تصميم  
السدادة المستخدمة والتي كان يتم تثبيتها بشدة  
في قاع البوتقة وكانت تحتاج إلى وقت طويل  
وعدد كبير من العمال لاستبدالها بسدادة أخرى .

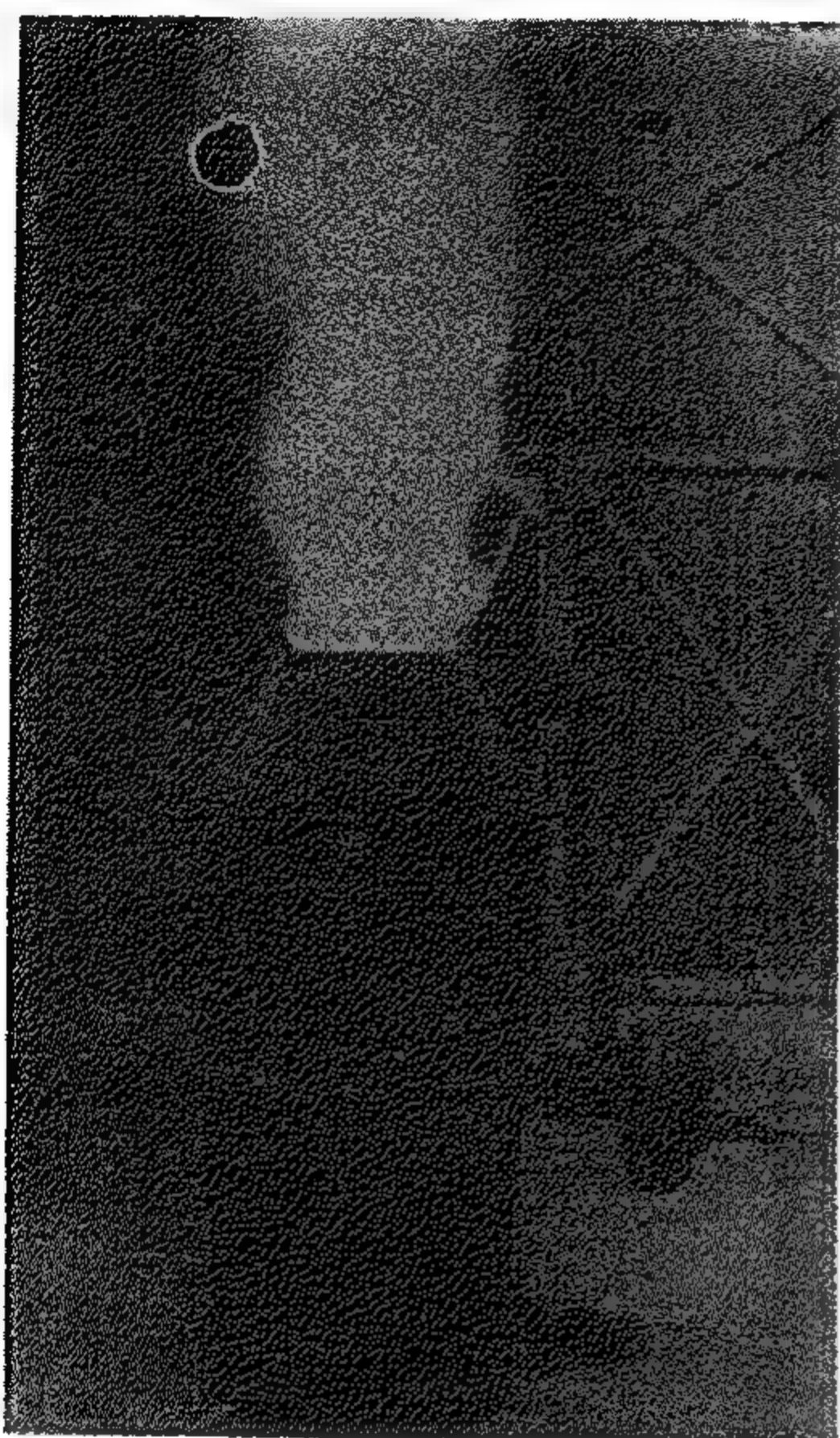
وعلى أية حال فمنذ عدة سنوات تم  
استحداث تصميم جديد للسدادة مما يجعل  
إمكانية خلعها ممكن ببساطة وبسرعة .



شكل (٨٢) شكل مقطعي للسدادة المسامية مجمعة مع تجهيزة التركيب والفك.

واستبدالها بوحدة أخرى جديدة إمكانية سهلة . والشكل رقم (٨٢) يقدم التصميم الجديد لهذه السدادة الحديثة ، والتي انتشر استعمالها في المسابك بهدف إجراء عمليات الكربنة وإزالة الكبريت من الحديد الزهر . وهذا التصميم الجديد يسمح بخلع السدادة المركبة المتراكمة من البوتقة الساخنة مع استبدالها بوحدة جديدة وذلك في خلال أربع دقائق فقط .

إن توالى مراحل العملية باستخدام السدادة المسامية يعتبر طريقة بسيطة ، حيث يتم



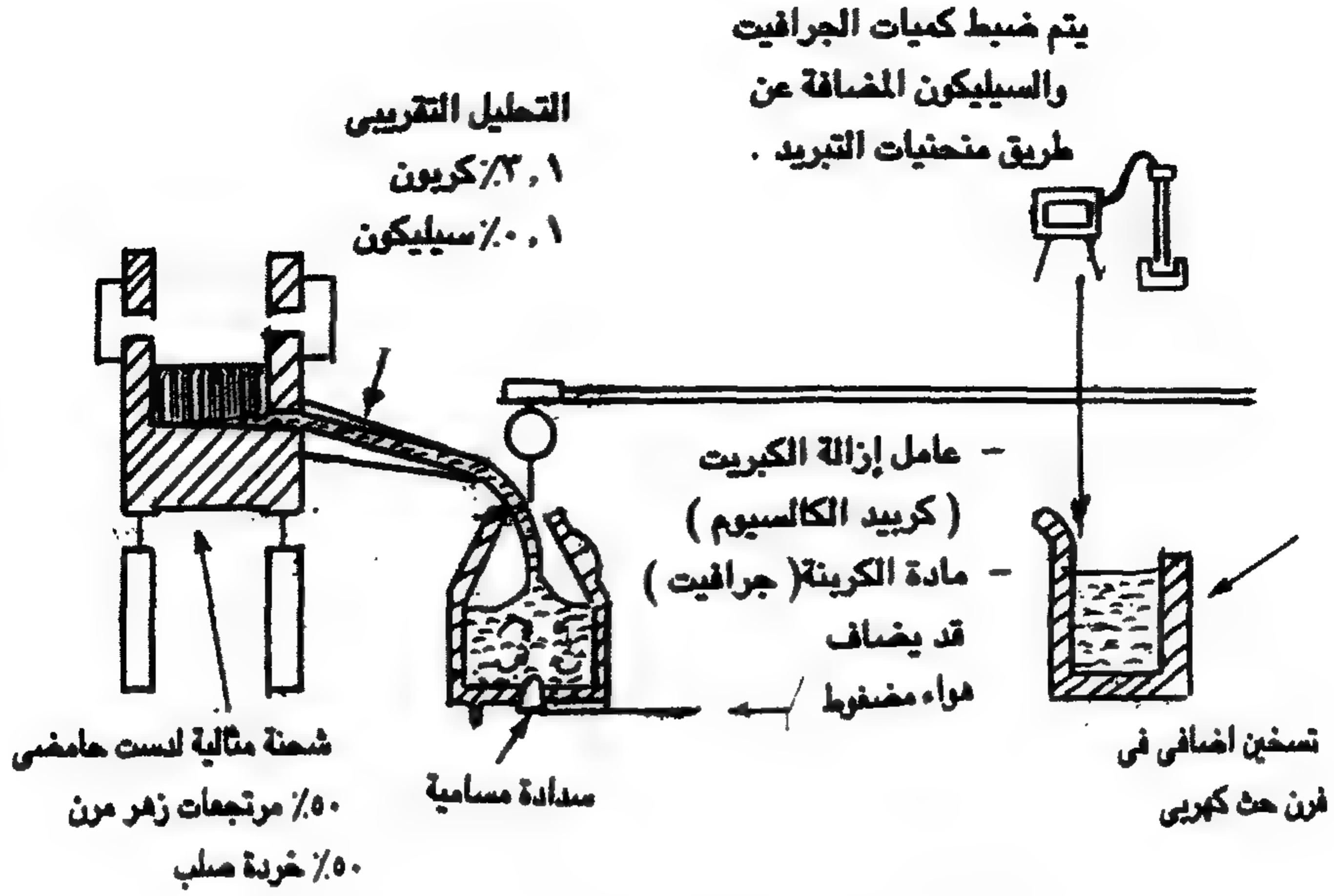
ملء البوتقة بالمعدن المنصهر لحوالي ثلثي سعتها ، ويفضل أن تكون البوتقة مزودة بغطاء مبطن بالحراريات Cover وذلك لتقليل انسكاب المعدن Spillage والفقد في درجة الحرارة . بالنسبة لمواد الكربنة ومزيلات الكبريت يتم إضافتها قبل أو في أثناء صب المعدن في البوتقة . ويتم دفع هواء أو نتروجين مضغوط بمعدل تدفق حوالى ٠.١٤ - ٠.٢٣ متر مكعب / دقيقة ( حوالى ٥ - ٨ قدم مكعب / دقيقة ) ليمر خلال السدادة . ويتراوح زمن المعالجة بين دقيقتين وأربع دقائق في المعتاد ، وذلك لاستكمال التفاعل المطلوب . والشكل رقم (٨٣) يبين إحدى

البواتق من هذا النوع في أثناء إجراء العملية ؛ حيث شكل (٨٣) عملية إزالة الكبريت باستخدام Soda Ash في هذه السدادة المسامية مع رماد الصودا .

الحالة لإزالة الكبريت من المعدن ، بالإضافة إلى تصاعد مستمر لكميات كبيرة من الأدخنة البيضاء White Fume وإذا تم استخدام كربيد الكالسيوم فإن كمية الأدخنة الناتجة ستكون قليلة جداً .

وعند إجراء معالجة للمعدن المنصهر الناتج من أفران الدست في بوتقة ذات سدادة مسامية ، فإنه من المعتاد أن يتم صب المعدن من الفرن بالطريقة المستمرة Continuously Tapping فوق مواد الكربنة ومزيل الكبريت الموضوعة في البوتقة ، على أن تبدأ عملية النفخ Blowing عندما تصل كمية المعدن إلى ثلث سعة البوتقة ، ولهذا فإن عملية المعالجة غالباً ما تكتمل في نفس الوقت الذي تكون البوتقة قد امتلأت فيه . وهذه الطريقة تقلل زمن التوقف





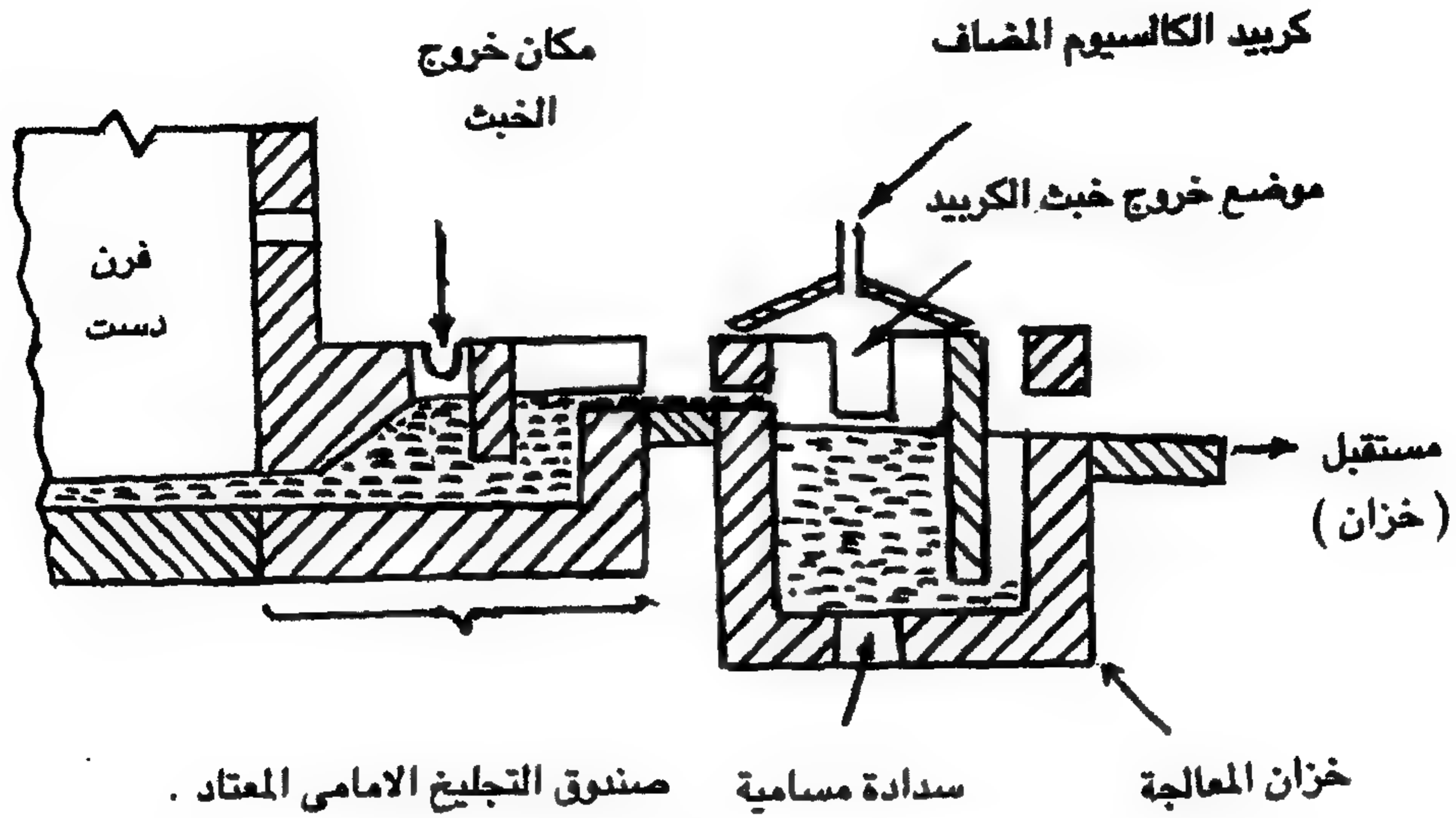
شكل (٨٤) الطريقة الثانية لإنتاج حديد الزهر المرن.

Standing Time وبالتالي تقلل الفقد في درجة الحرارة .

ويتم استخدام السداة المسامية لإجراء عملية المعالجة لعدة مرات تصل إلى حوالي عشر مرات قبل أن يتم تغييرها واستبدالها بأخرى جديدة . كما أن استخدام غاز النتروجين بدلاً من الهواء المضغوط يؤدي إلى إطالة عمر السداة المستعملة .

وعند استخدام البوتقة ذات السداة المسامية يصبح من الممكن إجراء عمليات الكربنة في الحدود المطلوبة وكفاءة تصل إلى ٨٠ - ٩٠٪ أما نسبة الكبريت فيمكن خفضها من ١,٠٪ إلى ٠,٠١٪ أو أقل من ذلك وذلك عن طريق إضافة كربيد الكالسيوم بنسبة ١٪ ويعتبر من الشاذ إجراء عمليات معالجة لكمية من المعدن تزيد عن عشرة أطنان على مرحلة واحدة باستخدام السداة المنفذة . ولكنه نظراً لقصر زمن المعالجة فإنه يكون من المعتاد ألا تضطر إلى إجراء عمليات معالجة لكميات كبيرة من المعدن . والشكل رقم (٨٤) يوضح نظام مثالي ثنائي Duplexing حيث يتم استعمال بوتقة ذات سداة مسامية ( والنظام الثنائي يتضمن صهر المعدن في فرن دست وإعادة تسخينه في فرن حث كهربائي ) .

وفي الوقت الحاضر اتسع استعمال السداة المسامية مع صب المعدن بالطريقة

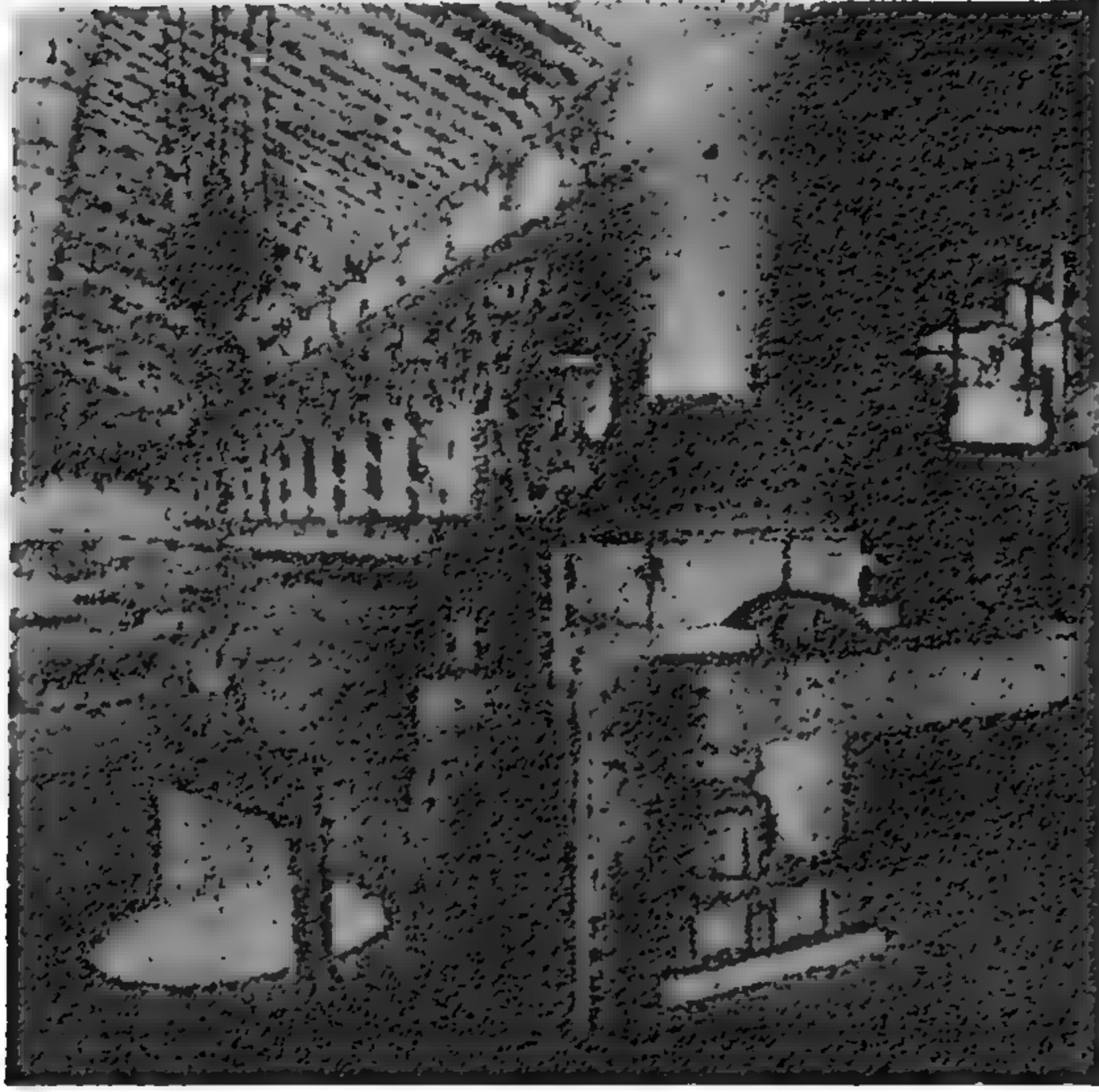


شكل (٨٥) تجهيزة للمعالجة المستمرة باستخدام السدادة المسامية.

المستمرة وطريقة المعالجة المستمرة Continuous Treatment بدلاً من عملية المعالجة بالبوتقة Ladle Treatment والموضحة فى شكل (٨٥) ، والتي يتم اجراؤها مقترنة مع تشغيل أفران الدست الحامضية . ويعتمد العديد من المسابك على هذا النوع من الأنظمة بهدف خفض مستويات الكبريت عند إنتاج حديد زهر رمادى Grey Iron ؛ وقد اتضح أن هذا النظام يمكن أن يستخدم أيضاً فى إنتاج حديد زهر ذات نسبة منخفضة من الكبريت يلائم إنتاج مسبوكات من حديد الزهر الكروى Nodular .

### البوتقة الهزازة Shaking Ladle

تعتبر عملية إجراء الكربنة وإزالة الكبريت باستخدام البوتقة الهزازة من العمليات الهامة والتي ظهرت منذ أكثر من ثلاثين عاماً فى السويد . ويتكون الجهاز أساساً من بوتقة ذات تصميم خاص مركبة على هيكل وموضوعة بحيث يمكن أن تعطى حركة دورانية Rotary Motion . والشكل رقم (٨٦) يوضح التركيب المثالى لهذا النوع . ويمكن إعطاء البوتقة ومحتوياتها حركة تشبه إلى حد بعيد حركة كوب من الشاي عند تقليب كمية من السكر



شكل (٨٦) تركيب البوتقة الهزازة .

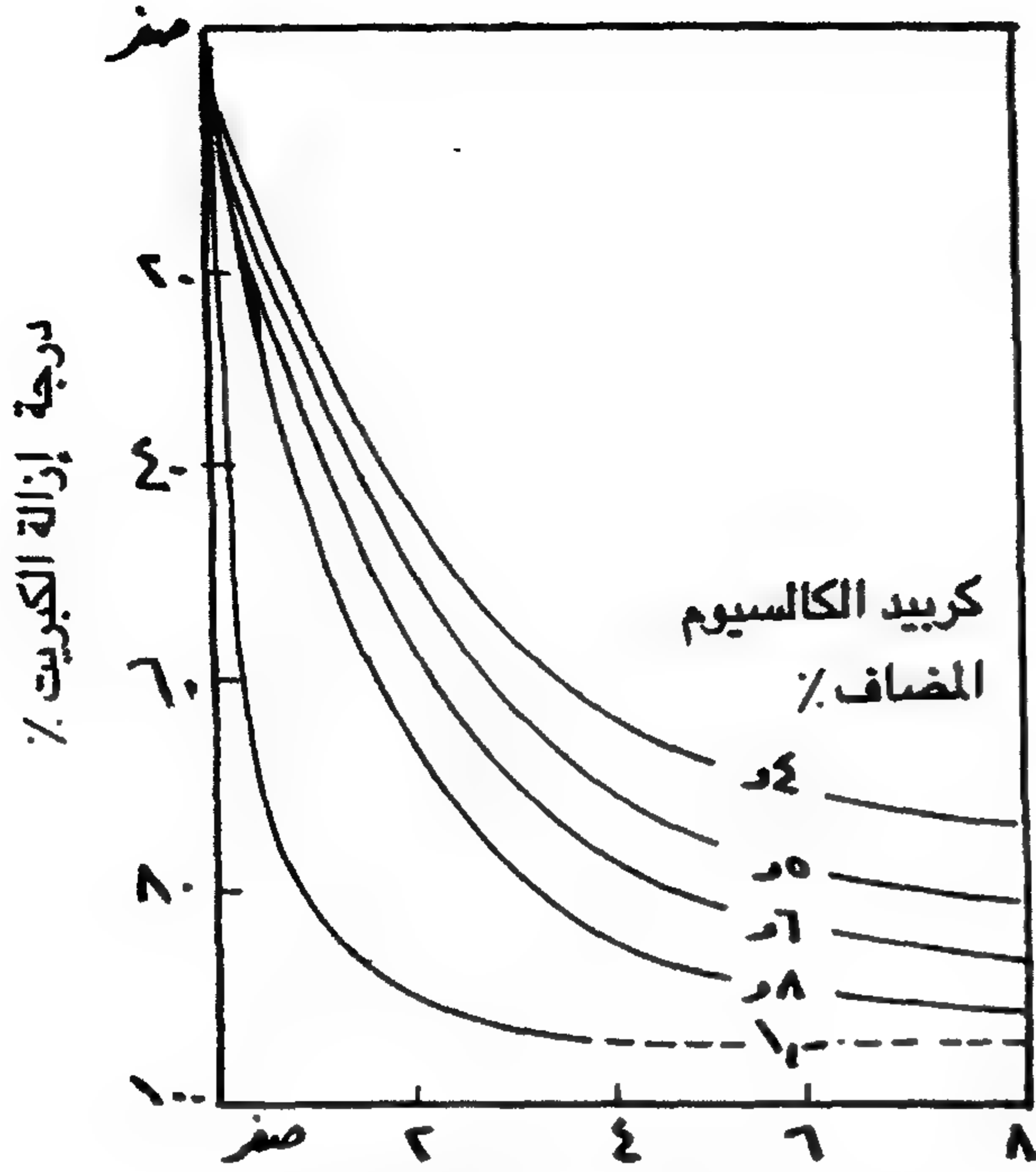
الموجود في قاع الكوب . ويتم تحريك (تنوير) البوتقة الهزازة بسرعة دوران معينة حيث تكون الحركة بطريقة لا مركزية Eccentric ، ويتم الحصول على الحركة الموجية الصحيحة في البوتقة Correct Wave Motion عن طريق التحكم في سرعة الدوران Speed of Rotation والتحكم في درجة اللامركزية Degree of Eccentricity . والشكل رقم (٨٧) يوضح شكل الحركة الموجية في أثناء دوران البوتقة الهزازة .



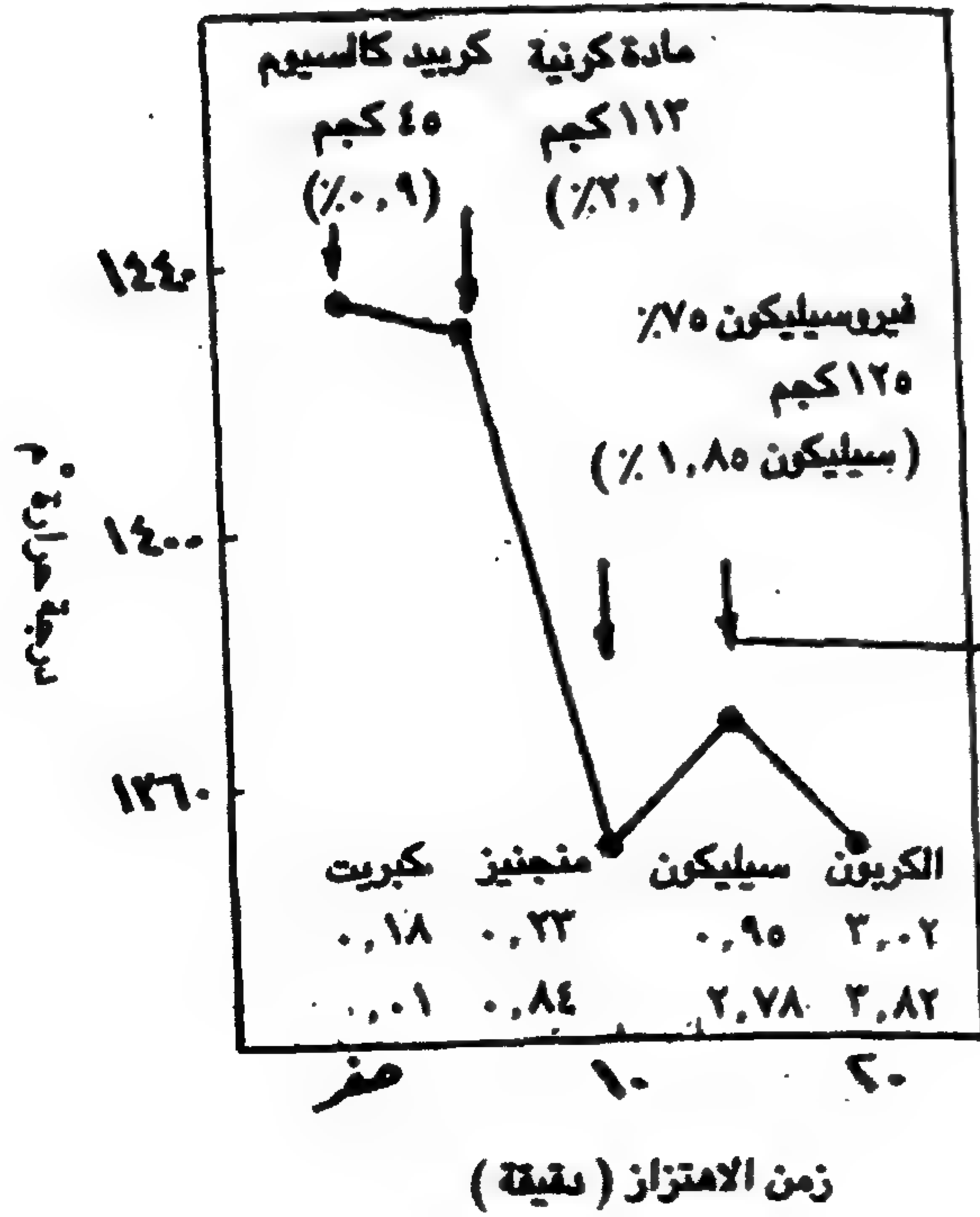
شكل (٨٧) الحركة الموجية في البوتقة الهزازة .

وباستعمال البوتقة الهزازة يمكننا الحصول على درجة عالية من درجات إزالة الكبريت . والشكل رقم (٨٨) يوضح أنه يجب استخدام كربيد بنسبة حوالى ١٪ لتخفيض نسبة الكبريت إلى مستوى منخفض يسمح بإنتاج الزهر الكروي Nodular . ويتم تحريك البوتقة لفترة تتراوح بين ٤-٦ دقائق للحصول على أفضل النتائج . وبجانب عملية إزالة الكبريت





شكل (٨٨)  
النسبة المئوية لدرجة إزالة الكبريت  
باستعمال كربيد الكالسيوم في  
البوتقة الهزازة.



شكل (٨٩)  
النتائج العملية لبوتقة هزازة  
سعة ٥ طن.

فيرو منجنيز ٤٥ كجم  
(٠.٦٧% منجنيز)

التركيب الأولي %  
التركيب النهائي %

الفقد في درجة  
الحرارة = ٨٥ م°

فهناك بعض الإضافات الأخرى التى تضاف إلى البوتقة بهدف ضبط Adjust تركيب المعدن والشكل رقم (٨٩) يوضح نتائج إجراء إحدى العمليات فى بوتقة من النوع الهزاز سمعتها خمسة طن .

وعلى الرغم من أنه يمكن الحصول على درجات عالية من عمليات الكرينة وإزالة الكبريت تصلح لإنتاج الزهر الكروى عن طريق كل من البوتقة ذات السدادة المسامية والبوتقة الهزازة ، إلا أن البوتقة الهزازة تتصف بارتفاع تكاليف استثمارات معداتها ولذلك فإن المسابك الكبيرة فقط هى التى تقوم باستعمالها فى إنتاج الحديد الزهر الكروى وقوالب الكتل الكبيرة Ingots Moulds وأنواع حديد الزهر المحسن Refined Irons . أما البوتقة ذات السدادة المسامية فإن تكلفتها منخفضة ولذلك تفضلها المسابك الصغيرة والمتوسطة الحجم .

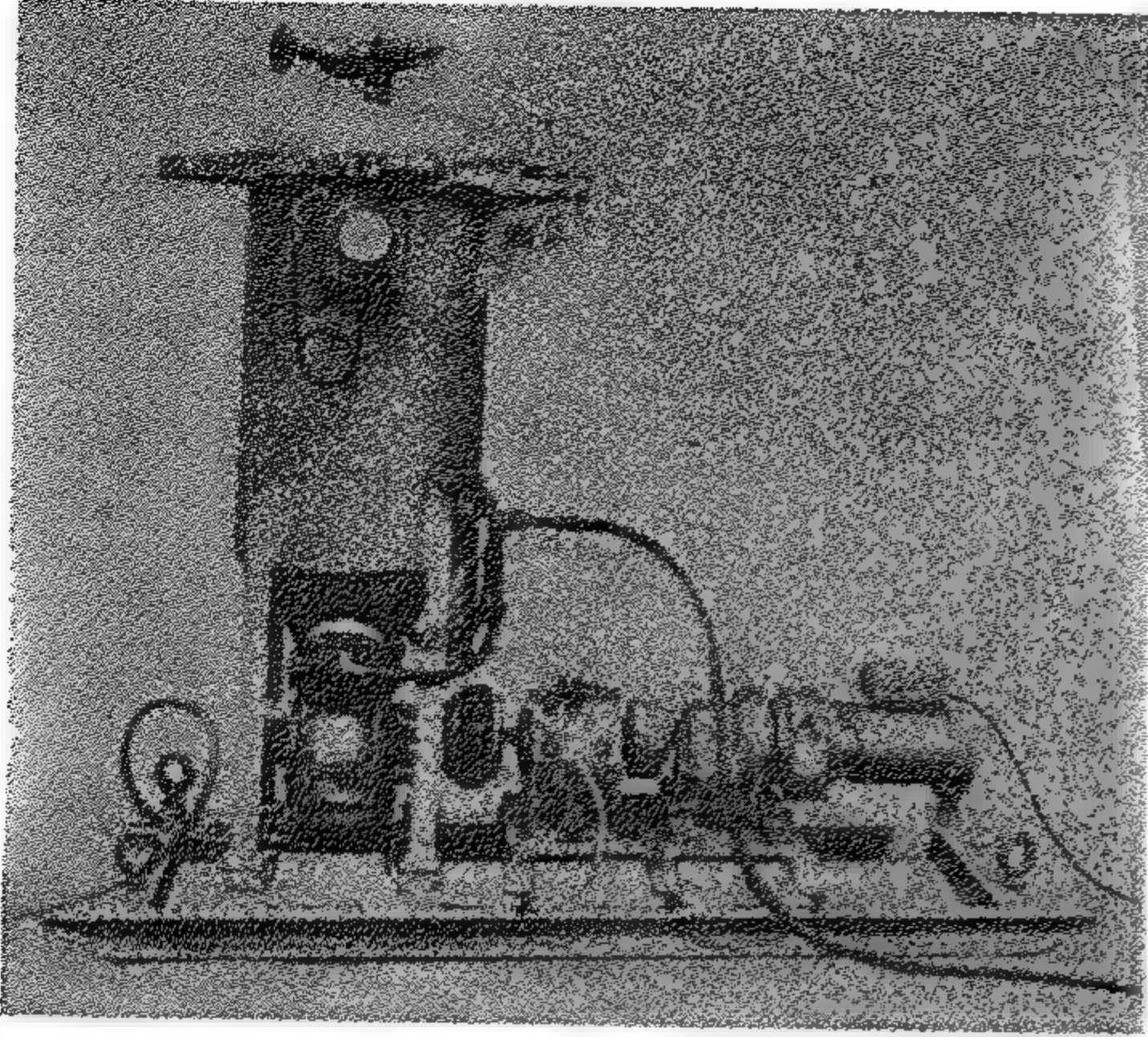
### عمليات معالجة أخرى Other Treatment Processes

تعتمد معظم عمليات الكرينة وإزالة الكبريت على استخدام البوتقة ذات السدادة المسامية أو البوتقة الهزازة نظراً لانتشارهما على مدى واسع وعلى أية حال فهناك طرق أخرى يتم استخدامها إما لإجراء عمليات الكرينة أو لإجراء عمليات إزالة الكبريت من الحديد الزهر ؛ لكن على وجه العموم هى طرق منتشرة على نطاق ضيق ومحدود .

وكما سبق القول يمكن صب المعدن مباشرة فوق مادة المعالجة Reagent الموضوعة فى قاع البوتقة ؛ ويمكن استخدام رماد الصودا فى الحصول على درجة مرتفعة من درجات إزالة الكبريت . ويمكن تحسين تأثير عملية صب المعدن فوق مواد المعالجة وذلك بإجراء عملية صب مزوجة Double Ladling باستخدام بوتقتين حيث يتم تفريغ محتويات إحداهما فى الأخرى بهدف تحسين عملية التقليب Improve Agitation وزيادة كفاءة التفاعل وتعتبر طريقة استخدام بوتقتين طريقة محدودة بسبب حدوث فقد كبير جداً فى درجة حرارة المعدن وبسبب حاجتها للمجهود البدنى مع ضياع الوقت بالإضافة إلى اختلاف النتائج التى يتم الحصول عليها فى كل مرة .

ويتم استخدام طريقة أخرى هى طريقة الحقن Injection Technique . ويتم تطبيقها فى حالة الصب المستمر Continuous أو الصب المتقطع Batch بهدف إجراء

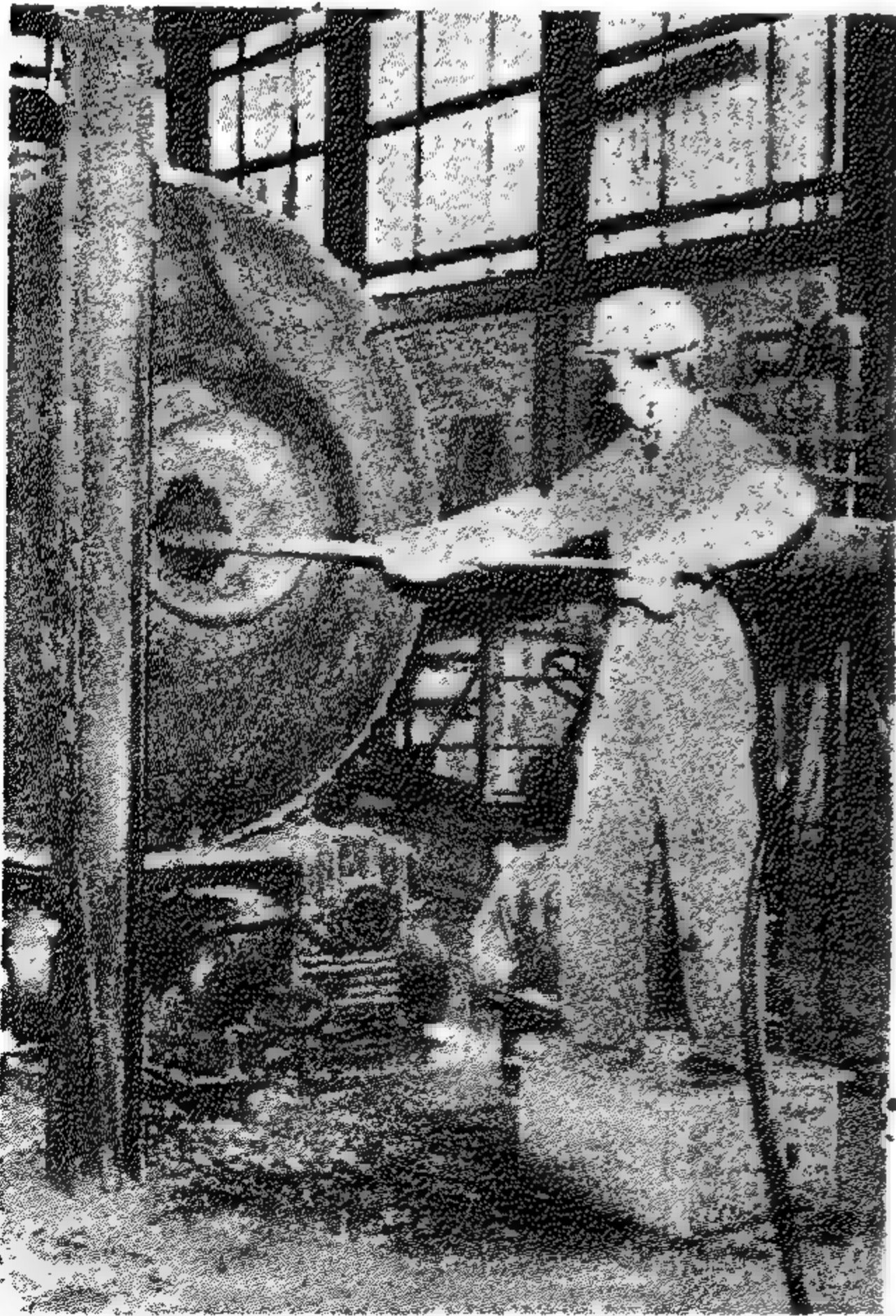




شكل (٩٠) جهاز توزيع البودرة .

عمليات الكربنة وإزالة الكبريت من المعدن المنصهر . وفى هذه الطريقة يتم استخدام جهاز لتوزيع البودرة بفرض استخدامه كعداد Meter لحساب كميات مواد الكربنة ومزيلات الكبريت والتي يتم ضخها عن طريق الهواء المضغوط Conveyed Pneumatically من خلال خرطوم مرن Flexible Hose والذي يصل إلى ماسورة الحقن Injection Lance المغمورة فى المعدن Immersed in Metal .

والشكل رقم (٩٠) يوضح شكلاً لأحد أجهزة التوزيع المستخدمة لهذا الغرض . وعلى الرغم من استخدام هذه الطريقة فى إناء للمعالجة ذات تصميم خاص Vessel وموضوع فى



شكل (٩١) عملية الكربنة فى الفرن اللوار عن طرق حقن الجرافيت .

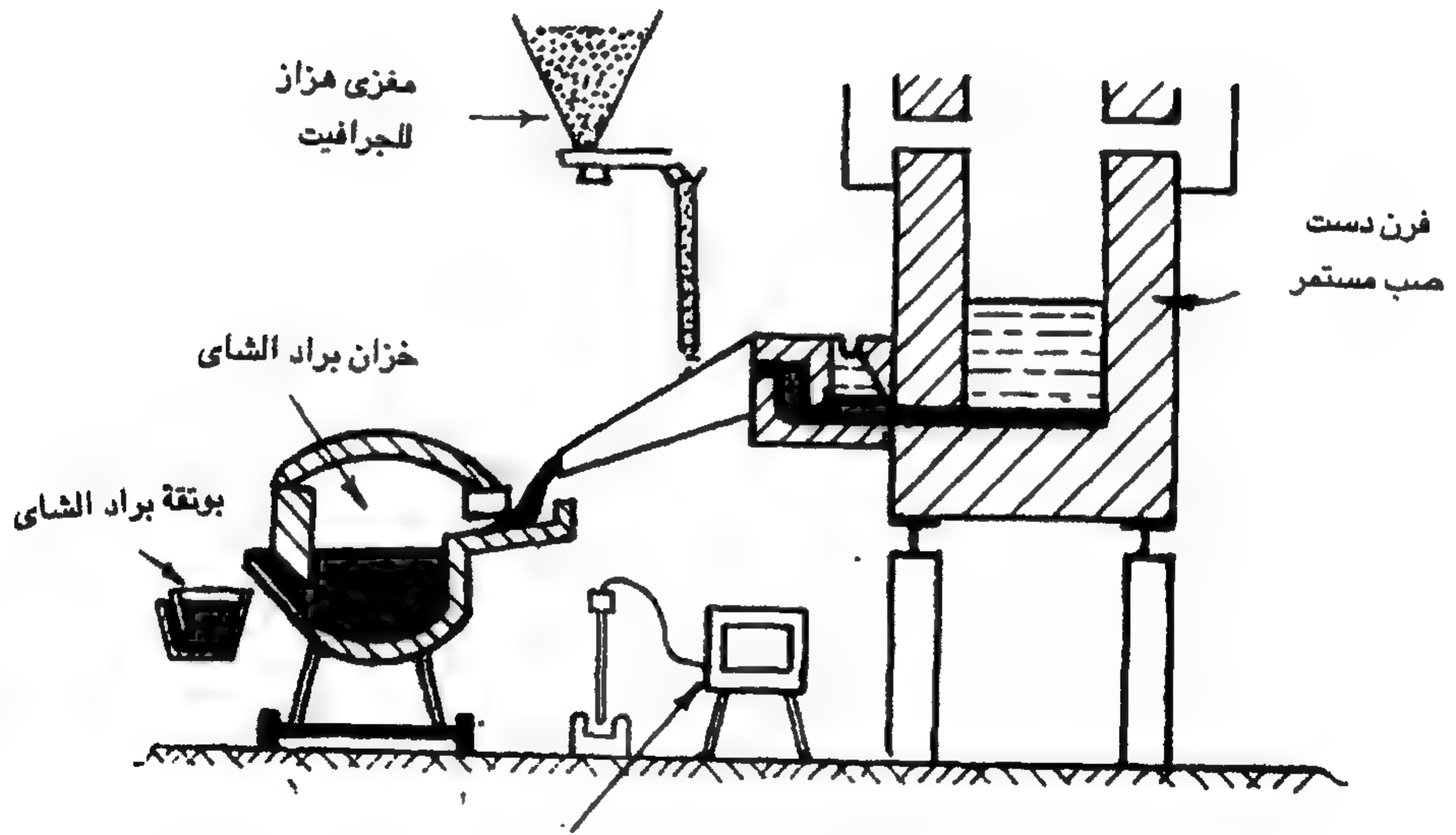
نهاية حوض المعدن فى فرن الدست The End of the Cupola Launder ، إلا أن هذه الطريقة تعتبر أكثر تناسباً لإجراء عمليات الكربنة بطريقة متقطعة Batch Carburization للحديد الزهر داخل أفران حفظ الحرارة Holding Furnaces مثل أفران الحث الكهربى أو الأفران الدوارة Rotary Furnaces وأفران القوس الكهربى المباشر Arc Furnaces .

والشكل رقم (٩١) يوضح طريقة استخدام أسلوب حقن الجرافيت فى الأفران الدوارة . وعلى وجه العموم فإن كفاءة عملية الكربنة تكون فى حدود ٦٠٪ فى الأفران



الدوارة وفي حدود ٩٠٪ في أفران الحث الكهربى ، بينما تكون حوالى ٧٠٪ في أفران القوس المباشر .

وفي عمليات الحقن لا يكون هناك مفر من قذف مواد المعالجة الخاصة بالكربنة وإزالة الكبريت فوق سطح المعدن المنصهر ويقوم المعدن بالاختلاط مع هذه الإضافات عن طريق نفخ غاز فى المعدن من خلال ماسورة مغمورة . أما المعدن المنصهر عن طريق أفران الدست فيمكن كربنته بمقدار ٠.١ - ٠.٢ ٪ ، وذلك بإضافة الجرافيت إلى مجرى الصب فى فرن الدست Cupola Launder ، كما هو مبين فى الشكل رقم (٩٢) ، وفى أحد أفران الدست تم إجراء عملية بهذه الطريقة بكفاءة تصل إلى ٧٠٪ . وعلى أية حال فقبل اختيار أى طريقة من طرق المعالجة فيجب الأخذ فى الاعتبار التأثيرات الممكن حدوثها فى خواص المعدن ، حيث إن عملية الكربنة ستؤدى إلى زيادة درجة حدوث التنويه Degree of Nucleation لحديد الزهر ، وهذا سيدفع المسبوكات إلى الميل الأكثر More Prone نحو ظهور عيوب

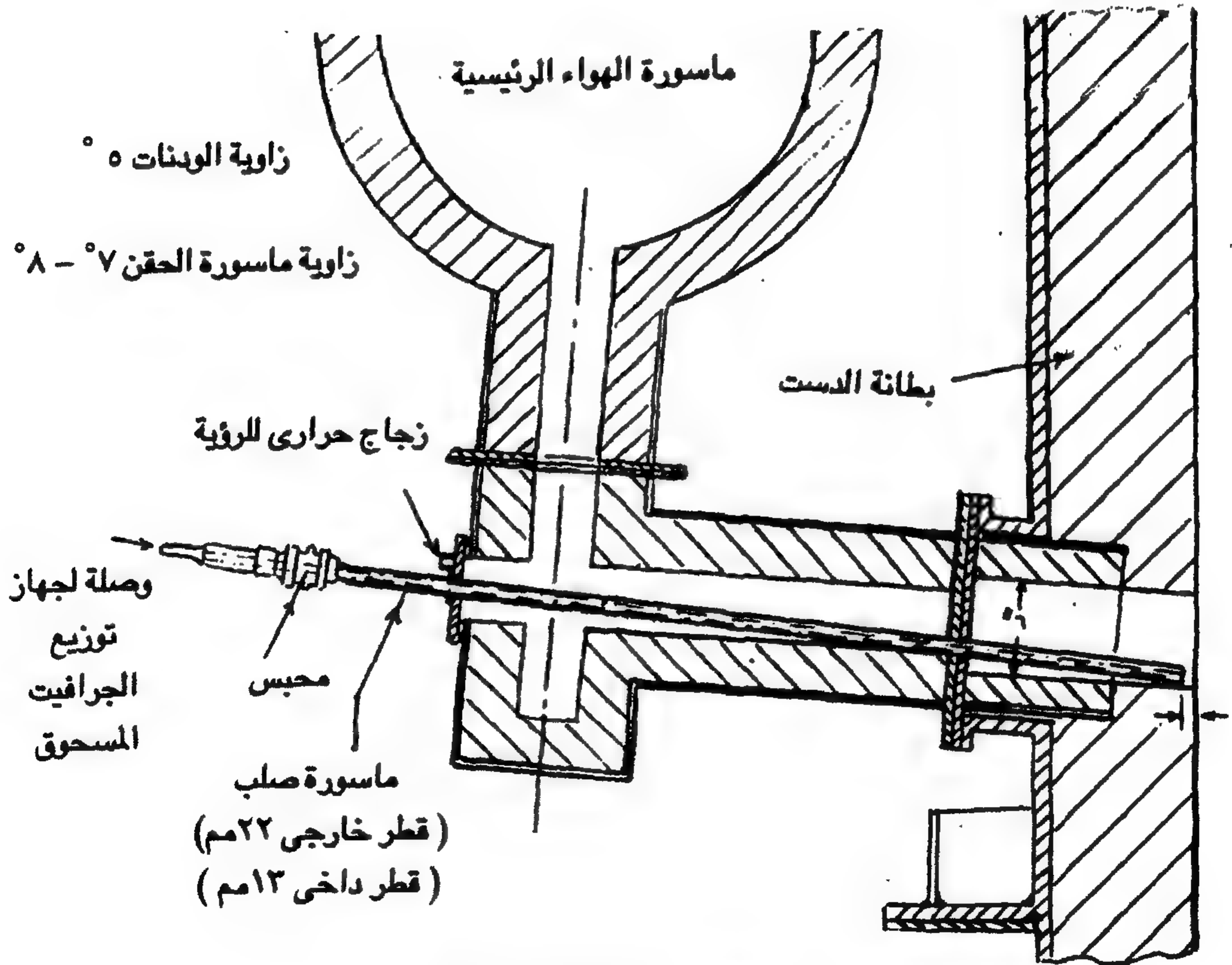


جهاز رسم منحنيات التبريد للتحديد السريع للمكافىء الكربونى لضبط معدل تغذية الجرافيت .

شكل (٩٢) طريقة الكربنة عن طريق إضافة الجرافيت عند مجرى صب المعدن.

ناتجة عن الإنكماش Shrinkage Defects . إذا أريد تقليل تأثير مواد الكربنة على عملية التنوية فيمكن اختيار طريقة حقن الجرافيت عن طريق ودنات الهواء بفرن الدست Cupola Tuyeres .

والشكل رقم (٩٣) يبين رسماً توضيحياً لهذا النظام ، وكفاءة استخدام الجرافيت بهذه الطريقة الأخيرة تصل إلى ٢٠ - ٣٠ ٪ ، ولهذا السبب فإن هذه الطريقة غير اقتصادية كمثيلاتها الأخرى . وعلى أية حال فإن ميزة هذه الطريقة ان التفاعل الماص للحرارة Endo-Thermic Reaction الناتج عن ذوبان الكربون Carbon Solution والذي عادة ما يؤدي إلى فقد المعدن لدرجة حرارته عند إجراء عملية الكربنة يتم تعويضه عن هذه الحرارة من داخل فرن الدست ، ولهذا لا يحدث انخفاض في درجة حرارة المعدن الذي يستخدم هذه الطريقة من طرق الكربنة .



شكل (٩٣) تجهيزة ماسورة حقن الجرافيت في الودنات.

## الباب الحادى عشر

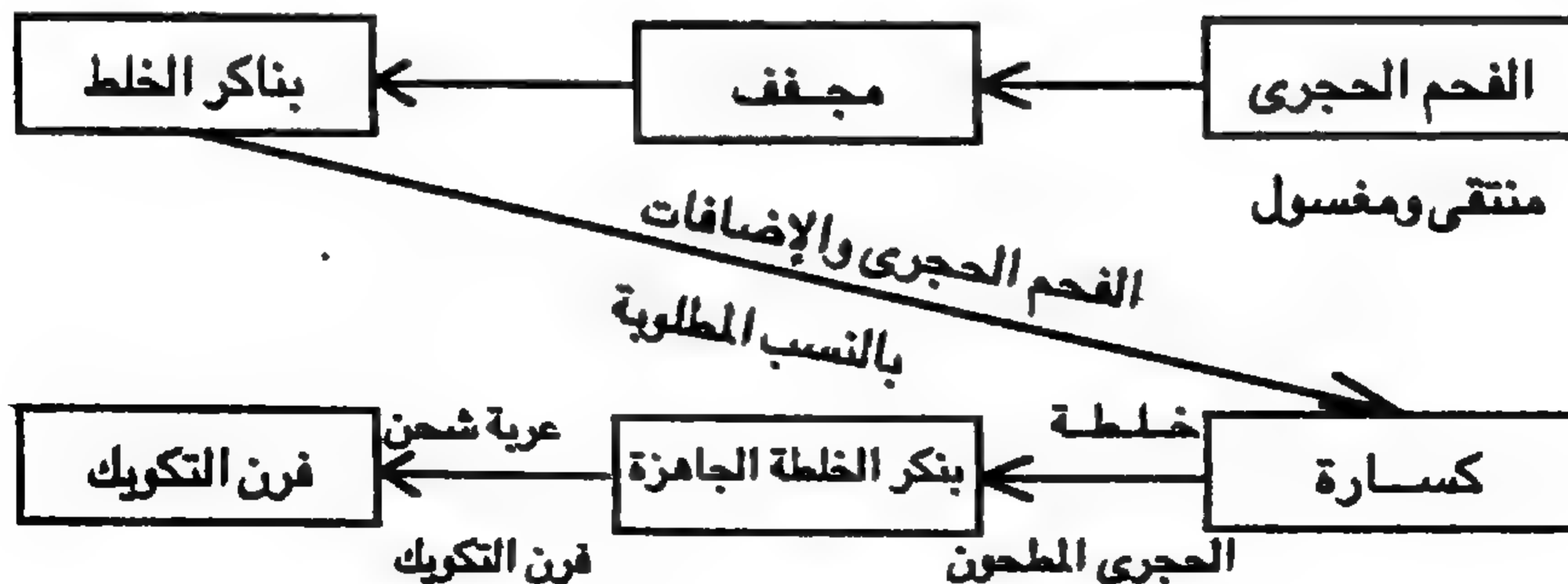
### فحم الكوك ومساعدات الصهر

### Foundry Coke and Fluxes

تستهلك الصناعة مايزيد على ٦٠٠ . ٠٠٠ طن سنوياً من فحم الكوك ، وقد اعتاد السباكين الشكوى المستمرة من رداءة نوعية الفحم من وقت لآخر ( ومعظم هذه الشكوى لاتعتمد على دليل مدعم ) ، وعلى وجه العموم تكون معلومات العاملين فى مجال السباكة قليلة عن كيفية صناعة الكوك وماهى أهم خواصه . وفى هذا الباب سيتم الحديث عن صناعة الكوك وكيف يتم تحديد خواصه وماهى أهم خواص الكوك وماهى مواصفاته القياسية .

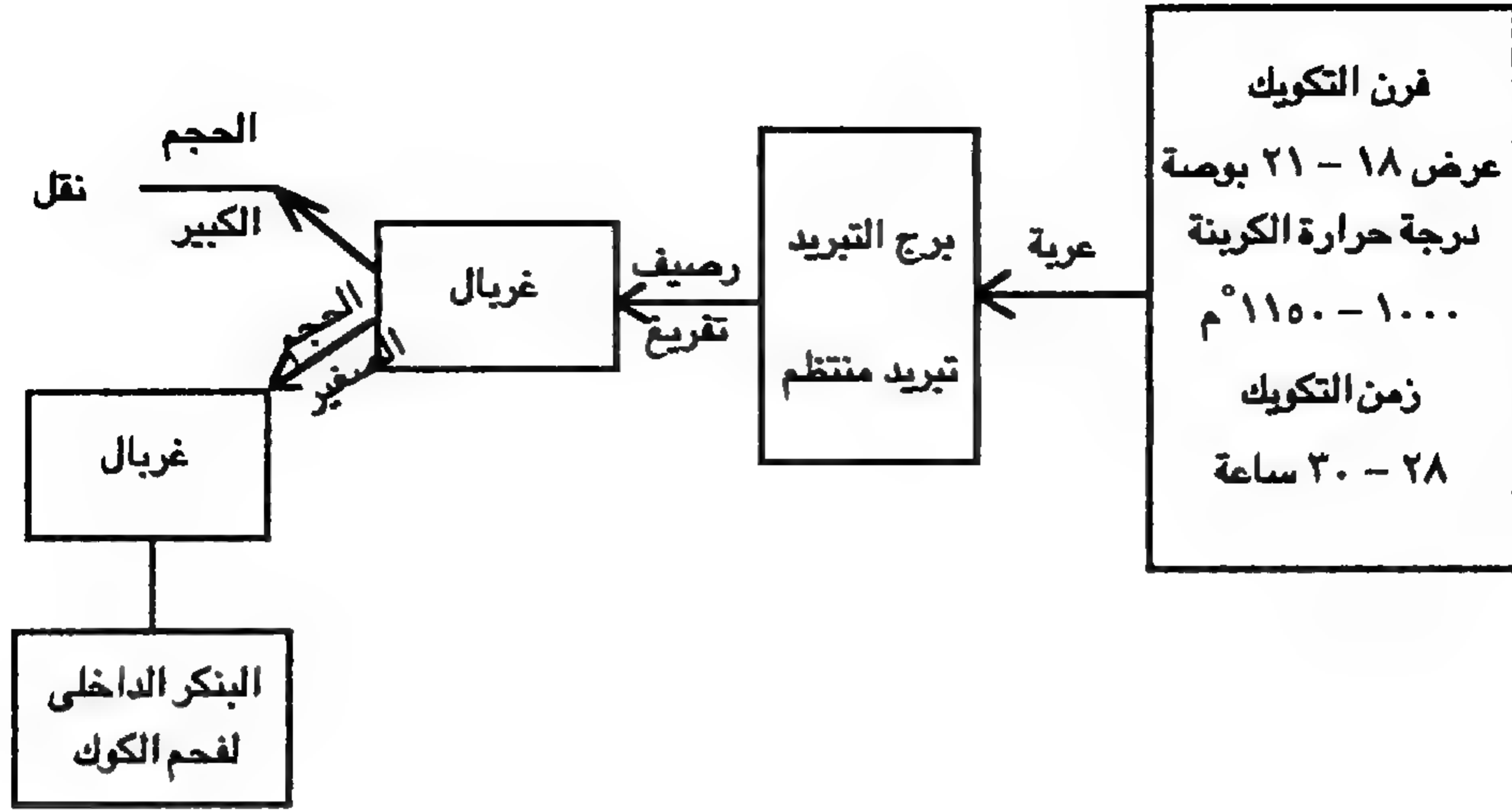
#### كيف تتم صناعة كوك المسابك ؟ ؟ How is Foundry Coke Mode ?

الاشكال أرقام (٩٤ ، ٩٥) عبارة عن رسوم تخطيطية لوحدة فرن التكويك . يتم غسل Washing أنواع الفحم الحجري المنتقاة بهدف إزالة الشوائب ، ثم يتم تجفيفها وتخزينها فى بناكر الخلط ، ثم يتم تغذية الكسارة بعد ذلك بالنسبة المضبوطة لكل نوع من أنواع الفحم الحجري والإضافات ( مثل الفحم الرجوع Breeze ) وذلك لعمل الخلطة المطلوبة Blend وبعد طحن الخلطة فى الكسارة Crusher يتم تخزين الفحم المطحون Powdered فى أحد البناكر service bunker ، ويتم نقل الخلطة إلى فرن التكويك coke oven عن طريق عربة شحن الفرن Charger Car .



إنتاج فحم الكوك - تجهيز الفحم الحجري  
شكل رقم (٩٤)





إنتاج فحم الكوك - أسلوب مناولة فحم الكوك  
شكل رقم (٩٥)

وفرن التكويد ذات شكل مستطيل يصل عرضه إلى ٤٦ - ٥٣ سم ، ويتم تسخينه من الخارج Externally Heated ، وبعد الشحن تبدأ الحرارة في التدفق من حوائط الفرن في اتجاه منتصف الفرن . ويتقدم عملية التكويد Carbonization تصل درجة حرارة منتصف الفرن لنفس درجة حرارة حوائط الفرن ، ويتم الانتظار عند درجة الحرارة هذه ( ١٠٠٠ - ١١٥٠ م° ) لمدة تتراوح بين ساعتين إلى ثلاث ساعات يتم بعدها تفريغ الفرن من شحنته . والوقت المعتاد لعملية التكويد يصل إلى ٢٨ - ٣٠ ساعة . وهناك بعض الاستثناءات حيث قد يصل زمن التكويد إلى حوالى ٣٩ - ٤٠ ساعة .

وفى اثناء عملية التكويد يمر الغاز الناتج عنها إلى قسم المنتجات الثانوية By-product Plant . وذلك لإنتاج القطران Tar والبنزول والكيماويات .

ويتم تفريغ الكوك الناتج فى عربة مخصصة Coke Car ، حيث يتم التبريد السريع بالمياه ( طش ) Quenching بطريقة دقيقة ومحكومة وذلك قبل تفريغه على الرصيف Wharf ، ويتم بعدها تصنيف الأحجام الصغيرة ( عادة ماتكون أقل من ٦٤ مم أو ٧٦ مم )

Undersize عن طريق غربلته إلى عدة أحجام مختلفة ، وذلك لخدمة المستهلكين . أما الأحجام الكبيرة من الكوك Oversize فتمر على سير belt ، حيث يجرى عليها تفتيش نظري ( بالعين المجردة ) Inspection Visual لاستبعاد الأجزاء غير المرغوب فيها Black Ends ، ويتم بعدها تحميل الكوك باللوادر على عربات نقل وعربات سكك حديدية Rail Wagons لنقلها إلى المسابك المختلفة .

## أنواع الفحم الحجري المخصص لإنتاج كوك المسابك وموقع أفران التكويد

### Coals for Foundry Coke Production and Location of Coke Ovens

يجب استعمال نوعيات منتقاة من الفحم الحجري مخصوصة لإنتاج فحم الكوك . ويتم تصنيف أنواع الفحم الحجري باستخدام أعداد دلالية ( تدل على رتبة الفحم ) Coal Rank Code Numbers وهي أعداد شفرية رمزية . وتقسم أنواع الفحم إلى الفحم الحجري الأصلي للتفحيم Prime Coking Coals أو أنواع الفحم الحجري ( التي تحتوى على مواد متطايرة بنسبة متوسطة ) الضرورية لإنتاج فحم الكوك الخاص بالمسابك ، حيث تحتوى على مواد متطايرة Volatile Matter بنسبة تتراوح بين ١٩.٦٪ وبين ٣٢٪ والمعروفة بالفحم الحجري الذى درجته ( ٣٠١ ) 301 Rank Coals . وفحم كوك المسابك يجب أن يحتوى على نسبة منخفضة من الكبريت Low Sulphur Content .

والمناجم الرئيسية لهذه النوعية من الفحم الموجودة فى بريطانيا بدأت تنضب ، وأصبحت أصعب فى استغلالها ، وبالتالي فإنه فى القريب العاجل ، وعلى الرغم من استمرار إنتاج الكوك لسد حاجة المصانع والأسواق فإنه سيتم إنتاج الكوك عن طريق مزج ( خلط ) عدة أنواع من الفحم الحجري مع الفحم ( ٣٠١ ) . ويمكن القيام بهذه العملية وذلك بتطوير أعمال التنقيب والبحوث العلمية وتطوير العمل . وتجرى فى الوقت الحاضر العديد من الأبحاث لدراسة مدى إمكانية إنتاج فحم الكوك كمنتج ثانوى نتيجة عمليات التقطير Distillation .

## اختبارات تحديد جودة فحم الكوك

### Tests to Determine Coke Quality

تجرى اختبارات تحديد جودة فحم الكوك بهدف تحديد مدى الاختلاف بينه وبين المواصفات القياسية ولمعرفة مدى ملائحته للاستخدام فى أفران الدست لصهر المعادن .

### أخذ العينات Sampling

بدايةً يجب التأكيد على أنه لا يمكن الفصل فى أى نزاع Dispute بخصوص جودة فحم الكوك إلا فى وجود عينة ممثلة لهذا الفحم Representative Sample .

والمواصفات البريطانية بخصوص أخذ عينات الفحم الحجري وفحم الكوك تصف عدة طرق لأخذ العينات للحصول على عينة ممثلة . ومعظم هذه الطرق غير مناسبة عند تنفيذها على الشحنة الواحدة من كوك المسابك ، حيث إنها تعتبر عملية شاقة ومكلفة . وعند حاجة المسبك لأخذ عينة من شحنة يفترض أن هذه الشحنة معزولة عن باقى الشحنات ويتم أخذ عينات من أماكن مختلفة وعلى فترات زمنية متتالية ، ويتم تجميعها وحفظها لتكوين عينة مجمعة . وتجنب حدوث تكسير أو انخفاض لدرجة جودة الكوك فى أثناء عمليات النقل المتتالي ، يجب تخزين العينة فى صندوق مخصوص .

### إختبار تحديد الحجم Size Analyses

سوف يتضح فيما بعد أن أهم خاصية لفحم كوك المسابك هى خاصية الحجم ، ولهذا فإنه من الضروري معرفة طريقة تحديد حجم الكوك باستعمال عينة ممثلة وهى تجرى على النحو التالى :

١- يتم تجفيف العينة حتى تصل الرطوبة إلى نسبة أقل من ٨٪ ثم يتم وزن العينة ( نادراً ما يتم إجراء هذه الخطوة ) .

٢- يتم إجراء الاختبار باستخدام ألواح قياسية من الصلب ذات شكل مربع ومثقوبة أو باستخدام غرابيل ، حيث يقوم كل غربال بالسماح بمرور قطع الكوك ذات الأحجام الأقل من مقاس الغربال بينما يحتجز القطع الأكبر منه .

٣- يتم القيام بوزن كميات الكوك التى يحتجزها كل غربال على حدة .



جدول (١٩) التحليل الحجمى لكوك المسابك

العجم	النسبة %	نسبة المتبقى فى المنخل والمتجمع %
V+	٣.٧	٣.٧
٦+	١٦.٧	٢٠.٤
٥+	١٢.٥	٣٢.٩
٤+	٢٣.٥	٥٦.٤
٣.٥+	١٥.٢	٧١.٦
٢+	١٢.٨	٨٤.٤
٢.٥+	٩.٧	٩٤.١
٢+	٤.٠	٩٨.١
١.٥+	٠.٧	٩٨.٨
١+	٠.٢	٩٩.٠
٠.٥+	٠.٣	٩٩.٣

متوسط الحجم (بالبوصة) = ٤.٤٧

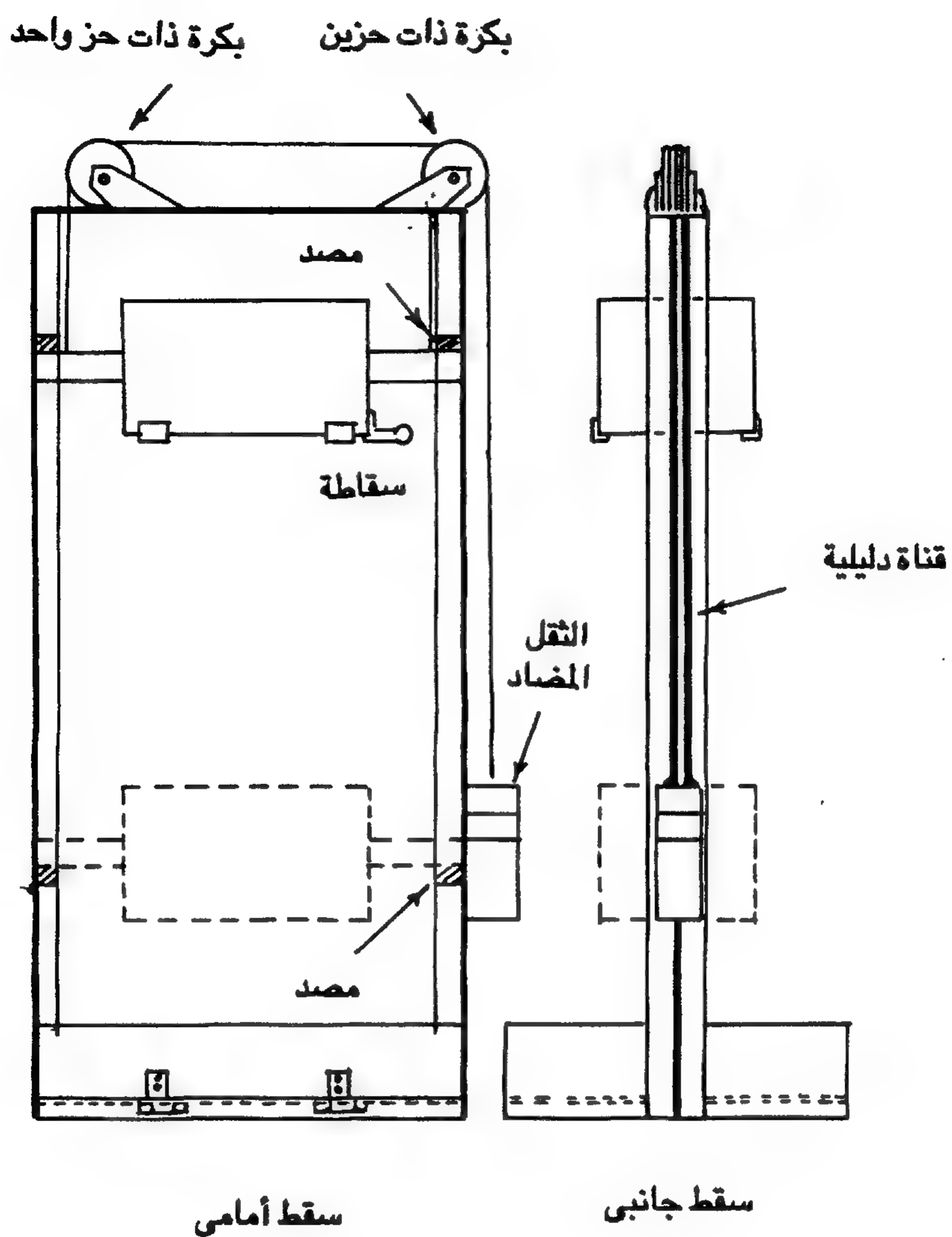
$$\text{متوسط الحجم} = \frac{25 + (K+J+I+H+G+F+E) \frac{1}{2} + D \frac{3}{4} + C+B+A}{100}$$

٤- يتم تدوين النتائج فى جدول خاص كما هو موضح فى جدول رقم (١٩) .

ومن هذه النتائج يمكن الحصول على متوسط حجم عينة الكوك وذلك باستعمال صيغة حسابية Formula يتم استخدامها فى صناعة الكوك . وفى المثال السابق تبين أن متوسط الحجم Mean Size يصل إلى ١١٤ مم ( ٤.٤٧ بوصة ) .

### اختبارات التحليل الكيمياءى Testing Analytical

يشتمل الاختبار المعملى لكوك المسابك على عدة اختبارات لتحديد النسبة المئوية لكل من الرطوبة Moisture والرماد ash والمواد المتطايرة Volatile Matter والكبريت Sulpher، وتوجد طرق قياسية Standard لتحديد هذه النسب . أما بالنسبة لتحديد نسبة الرطوبة تبعاً للمواصفات القياسية فلا بد من تكسير الفحم فى كسارة فكية Jaw Crusher بسرعة فى وقت قصير ليصل حجمه النهائى إلى ١٦ مم ( ٠.٥ بوصة ) ويتم تجفيفه بعد ذلك فى فرن ذات دورة هواء Air Circulation Oven .



شكل (٩٦) جهاز اختبار التهشم .

## إختبارات المواصفات الطبيعية Testing-Physical

الاختبارات القياسية فى هذا المجال تشتمل على اختبار قياس درجة مقاومة الصدمات Impact ومقاومة الاحتكاك Abrasion وذلك عن طريق إجراء اختبار التهشيم Shatter واختبار الاحتكاك Micum .

### اختبار التهشيم Shatter Test

الشكل رقم (٩٦) يوضح جهاز إجراء هذا الاختبار ، حيث يتم وضع قطع الكوك التى يزيد مقاسها عن ٥١ مم تحت الاختبار بطريقة سقوط قياسية . ويتم تحديد نتيجة الاختبار بقياس النسبة المئوية للفحم المتبقى فى الغرابيل المختلفة بعد إجراء الاختبار . وتستخدم فى هذا الاختبار عينة كوك تزن حوالى ٢٥ كيلو جرام من نفس المقاس ، يتم وضعها فى صندوق ثم يتم إسقاطها ، ثم تعاد إلى الصندوق مرة أخرى وهكذا ، وتجرى هذه العملية أربع مرات متتالية ، وبعد الرمية الرابعة يتم غربلة عينة الفحم وتحديد كمية الكوك المتبقى فوق كل غربال وتحديد نتيجة الاختبار باستخدام دليل التهشيم Shatter Index .

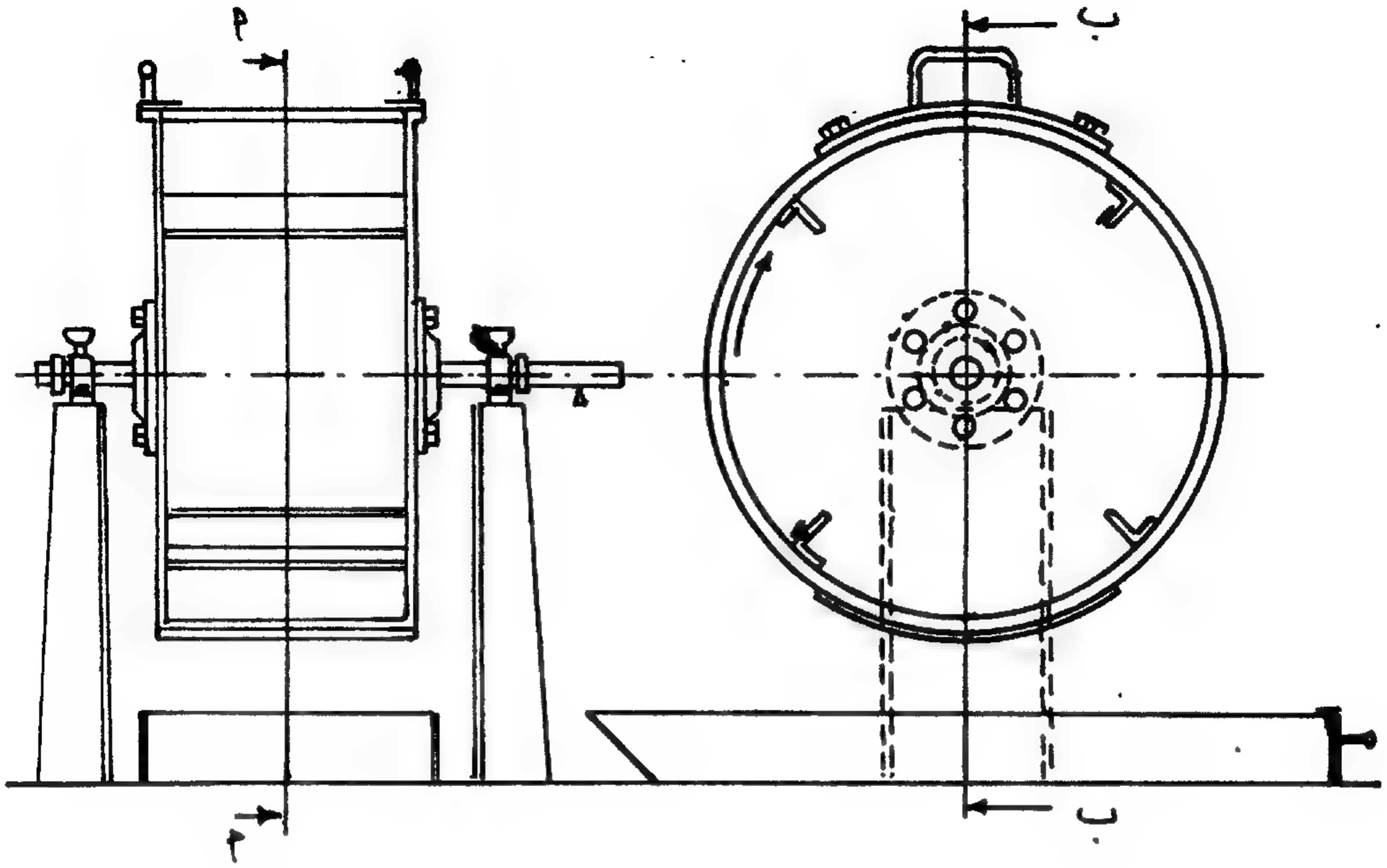
### اختبار مقاومة الاحتكاك Micum Test

هذا الاختبار من النوع التجريبي المقصود منه اصطناع تأثير سقوط قطع الكوك واحتكاكها مع بعضها البعض Rubbing واحتكاكها مع السطح الصلب لجهاز الاختبار كما يحدث فى أثناء عملية نقلها أو فى أثناء عمليات المناولة .

وفى هذا الاختبار يتم استخدام عينة كوك تزن حوالى ٢٥ كيلو جرام ، ويتم تدويرها Rotation بسرعة ثابتة ، وتصل عدد اللفات المطلوبة لإجراء وإلتام الاختبار ١٠٠ لفة كاملة ، ويتم تحديد نتيجة الاختبار باحتساب نسبة الكوك المتبقية من العينة بعد غربلتها فى غربال مقاسه ٤٠ مم .

وكمية الكوك المتبقية ( فوق ٤٠ مم ) تعطى مؤشراً لدرجة متانة الكوك ، ويزيد مؤشر المتانة ( الدليل Index ) مع زيادة متانة الكوك . كما أن كمية الكوك التى تمر من منخل ١٠ مم تعطى مؤشراً على درجة مقاومة الاحتكاك لعينة الكوك Abrasion Resistance وكلما قلت كمية الكوك المارة من هذا المنخل كلما دلت على زيادة مقاومة الكوك للاحتكاك والشكل رقم (٩٧) يوضح الجهاز المستخدم لإجراء هذا الاختبار .





شكل (٩٧) جهاز إختبار مقاومة الاحتكاك لفحم الكوك .

### توصيف فحم كوك المسابك Specification of Foundry Coke

بالاستعانة بمعلومية أن الاختبارات القياسية قادرة على تحديد خواص فحم الكوك فإنه من الممكن تحديد هذه الخواص لتجعل المسبك متأكداً من جودة نوعية الكوك الموردة له ، مع ضمان أنه سيعطى نتائج جيدة وكفاءة أداء لفرن الدست Cupola Performance . وعملية تحديد مواصفات كوك المسابك يجب أن تشتمل على بعض البنود مثل نسبة الرماد ونسبة المواد المتطايرة ونسبة الكربون الثابت Fixed Carbon ونسبة الكبريت .

### نسبة الرماد Ash Content

يتم احتساب نسبة الرماد في الكوك عن طريق تحديد نسبة الرماد في الفحم الحجري المستعمل في إنتاج كوك المسابك وإلى أى مدى يمكن إزالة هذه الشوائب من الفحم الحجري بطريقة اقتصادية ، وذلك عن طريق غسله بالماء . وبهذه الطريقة يمكن التحكم بعض

الشيء في نسبة الرماد في الكوك وتعتبر النسبة المرتفعة للرماد شيئاً غير مرغوب فيه ، حيث إنه يؤدي إلى انخفاض نسبة الكربون الثابت في الكوك ، وبالتالي يؤدي إلى تخفيض القيمة الحرارية للكوك Calorific Value ، كما إنه يؤدي إلى تكوين كمية كبيرة من الخبث Slag والتي تستلزم متطلبات تسخين متزايدة . ومن المعروف لسنوات عديدة أن معدل نوبان الكربون الموجود في الكوك يتناسب مع نسبة الرماد الموجودة في الكوك .

وحديثاً ظهرت نقطة أخرى تتعلق بطبيعة الرماد الموجود في كوك المسابك وعلاقته بدرجة اكتساب المعدن للكربون Carbon Pickup ، وهذه النقطة بدأت تظهر في نهاية عام ١٩٧٢ أو في أثناء عام ١٩٧٣ ، حيث اتضح حدوث تدهور Deterioration في كمية الكربون المكتسب في أثناء تشغيل أحد أفران الدست عند استعمال نوعية معينة من فحم الكوك . ويتسجل النتائج في مسبكين آخرين تم التأكد من هذه المعلومة ، وأظهرت أن هذا التدهور في الكربون المكتسب قد يرجع إلى ارتفاع نسبة الرماد في الكوك المستعمل . وقد لا يكون السبب هو ارتفاع الرماد بالكلية ، حيث إن هناك بعض الخواص التي لم يتم تسجيلها والتي لم يتم قياسها في فحم الكوك قد تتغير كنتيجة مباشرة لتغير نوع فحم الكوك وطريقة إعداد الفحم النباتي المستخدم في خلطة أفران التكوين .

ولدراسة هذا الموضوع تم استحداث اختبار معملی بهدف ملاحظة أو الكشف عن معدل نوبان كربون فحم الكوك في داخل حديد الزهر . وأظهرت نتائج هذا الاختبار بوضوح أن نسبة الرماد في الكوك تعتبر عاملاً هاماً ومؤثراً في درجة اكتساب الكربون .

وقد وجد أنه إذا تم تسخين الكوك لدرجة حرارة ٩٠٠°م في جو مؤكسد Oxidizing Atmosphere وذلك في فرن لافح Muffle Furnace حتى يحترق تماماً ، فإن الرماد المتبقى ( بعد نخله في غربال مقاس ١٠٠ مش ) يتكون من ١ - ٢٪ حبيبات خشنة صخرية والباقي عبارة عن مواد ناعمة جداً . وقد يبدو من المحتمل أن يكون الرماد الناعم أساسه عبارة عن مواد معدنية داخلية في تركيب الفحم الحجري ، ويستحيل إزالته بأي نوع من أنواع الغسيل ، بينما يبدو أن الرماد الخشن عبارة عن روابط أو فواصل في الفحم الحجري يبدو أنه من الممكن التخلص منها وذلك بإجراء عملية غسيل الفحم الحجري .

وقد أوضحت بعض الأبحاث الحديثة أن الكربون المكتسب يتحدد غالباً على أساس

نسبة الرماد الناعم أو الرماد المتحد الموجود في الكوك ، ويتناسب تناسباً عكسياً مع كمية الرماد الناعم ، كما أن عملية اكتساب الكربون تعتمد على قابلية انصهار Fusibility الرماد الناعم الموجود في فحم الكوك . وميكانيزم الرماد الناعم في منع عملية التقاط الكربون تبدو كما لو كانت تشبه إلى حد بعيد حدوث انسداد Barrier على السطح الخارجى لقطعة فحم الكوك وهذا بالتالى يؤدي إلى تقييد وتقليل وتحديد Restricting كمية الكربون المتاحة للمعدن .

وبما أن كلاً من نسبة الرماد الناعم من فحم الكوك إلى جانب تركيبه الكيميائى يتم تحديدهما عن طريق أصناف الفحم الحجري المستعملة في إنتاج فحم الكوك ، فإنه يبدو لو أن المسابك تهتم بتوريد نوعية من فحم الكوك تكون ملائمة لعملية اكتساب الكربون للمعدن ، فإن هذا الوضع سيجعل المصانع المنتجة للكوك الخاص بالمسابك تولى عناية أكبر لعملية اختيار الأنواع الملائمة للعمل في أفران الصهر والمسابك بانتقاء نوعيات جيدة من الفحم الحجري الخاص بإنتاج الكوك .

### المواد المتطايرة Volatile matter

تعتبر المواد المتطايرة من المواد غير المرغوب فيها أيضاً ، حيث إن وجودها يؤدي إلى انخفاض نسبة الكربون الثابت في فحم الكوك ، كما أن وجودها يشير إلى حدوث عملية تفحيم غير مكتملة Incomplete Carbonization والتي قد تؤدي إلى إنتاج فحم كوك ذات خواص ضعيفة Poor Properties ، ويمكن لمنتج الكوك القيام بضبط نسبة المواد المتطايرة في فحم الكوك الناتج .

### الكربون الثابت Fixed Carbon

يتم تحديد نسبة الكربون الثابت في فحم الكوك بعد خصم مجموع كل من نسبة الرطوبة ونسبة الرماد والمواد المتطايرة والكبريت من النسبة الكلية التي تمثل ١٠٠٪ ، ونسبة الكربون من فحم الكوك مهمة جداً حيث إنها تحدد القيمة الحرارية لفحم الكوك Calorific Value بمعنى آخر أنه كلما زادت نسبة الكربون في الكوك كلما زادت قيمة الاستفادة من الأموال المدفوعة في شراء الكوك . وبصراحة فكلما زادت نسبة الكربون كلما كان هذا أفضل .



## الكبريت Sulphur

الكبريت معروف جيداً كعنصر غير مرغوب فيه فى أى نوع من أنواع حديد الزهر ، ولهذا فكلما انخفضت نسبة الكبريت فى فحم الكوك كلما كانت نوعيته أجود . ول سوء الحظ فإن نسبة الكبريت فى فحم الكوك تعتمد على نسبة الكبريت الموجود فى رصيد الفحم الحجري الموجود فى المناجم . وليس هناك طريقة معروفة حتى الآن لإزالة الكبريت من الفحم الحجري ، والأكثر من ذلك أن الترسيبات التى تحتوى على فحم حجري ذات نسبة منخفضة من الكبريت بدأت تنضب أو أصبحت غير اقتصادية التشغيل . ولهذا فإن الصناعات المختلفة عليها أن تتقبل احتمالية ارتفاع نسبة الكبريت فى كوك المسابك وعليها فى نفس الوقت أن تتقبل وعود المنتج فى أنه سيستخدم أفضل نوع متاح من أنواع الفحم الحجري لإنتاج أفضل مايمكن إنتاجه من فحم كوك المسابك .

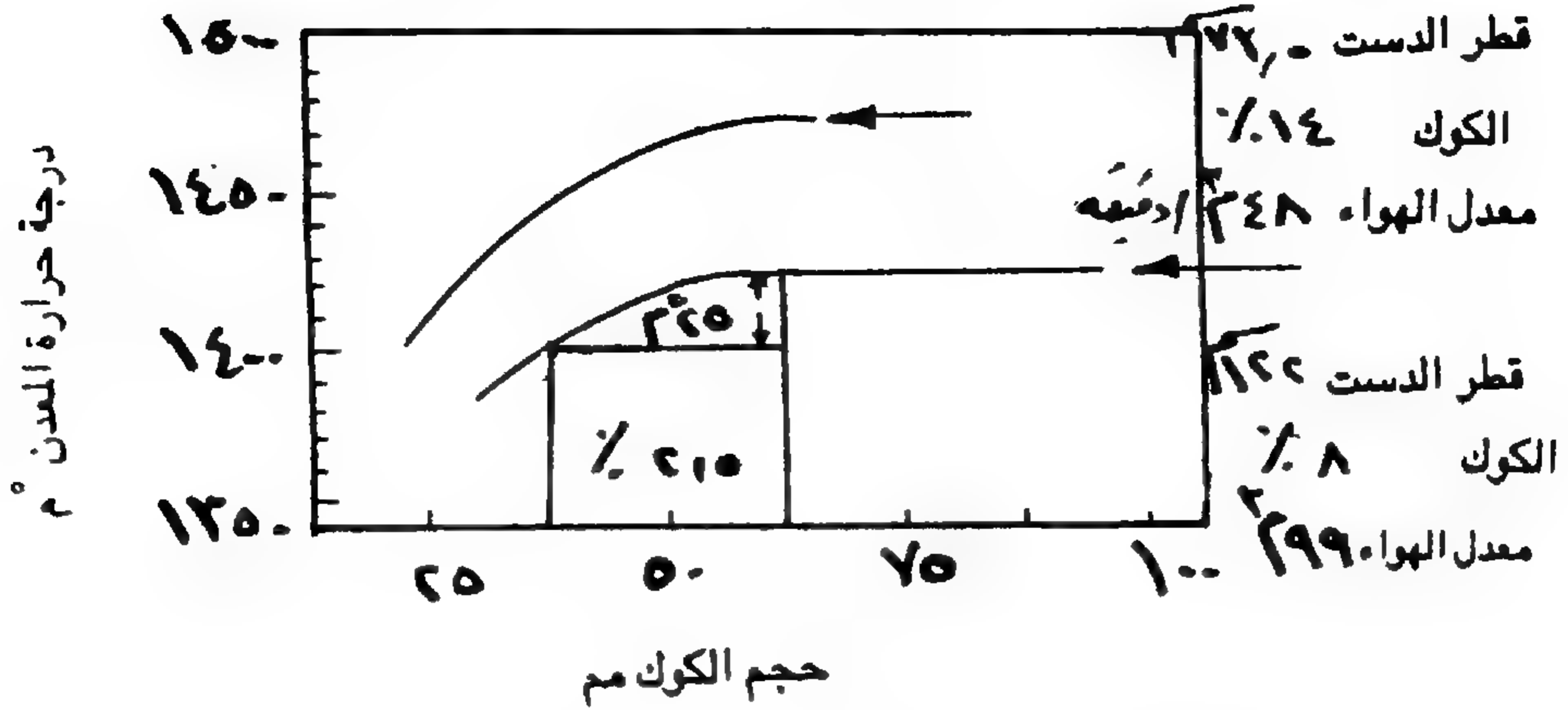
## الرطوبة Moisture

تعتبر الرطوبة من المواد غير المرغوبة ، حيث إنه من غير المعقول أن تدفع أموال مقابل شراء ماء موجودة فى شحنة فحم الكوك ، حيث إنها تؤدي إلى تخفيض كمية الكربون الموجودة فى الكوك . ونقول : إنه من الضروري احتواء الكوك على نسبة معقولة من الرطوبة وذلك لمنع احتراق السيور الناقلة Belt Conveyor ولنع اشتعال الفحم عند نقله بسيارات النقل أو بعربات السكك الحديدية . وهذا الوضع معترف به ومأخوذ به فى جميع مصانع الكوك . ولضمان تعويض الرطوبة الزائدة فإنه ينصح بمراجعة وزن الكوك المورد مع مقارنته بوزن الكوك المرسل من المصنع وذلك للمطالبة بالمقابل المادى لفروق الأوزان .

## الحجم Size

أصبح واضحاً تماماً أنه من الواجب والضرورى توصيف الخواص السابقة لفحم الكوك لضمان ألا يحيد عنها الفحم المنتج . وعلى أية حال فإن الخواص السابقة للفحم تعتبر أقل أهمية من خاصية حجم قطع فحم الكوك Coke Size ، حيث إنه يؤثر مباشرة على معدل استهلاك الكوك ومعدل الصهر ودرجة حرارة المعدن . والسبب الرئيسى للشكوى من فحم الكوك فى الوقت الحاضر تنبئ كلها من صغر الحجم أو الشكوى من حدوث تكسير Break إلى أحجام صغيرة بمرور الوقت عند وصولها إلى منطقة الصهر بفرن الدست . إذن

لماذا يعتبر حجم الكوك مهما ؟ هذا ما يوضحه الشكل رقم (٩٨) حيث يبين أنه :



$$٢٠٥ \text{ كوك} = ٢٥^\circ \text{م} = \text{انخفاض } ٢٠ / \text{من معدل الصهر}$$

شكل (٩٨) تأثير حجم فحم الكوك على ضغط هواء الفرن .

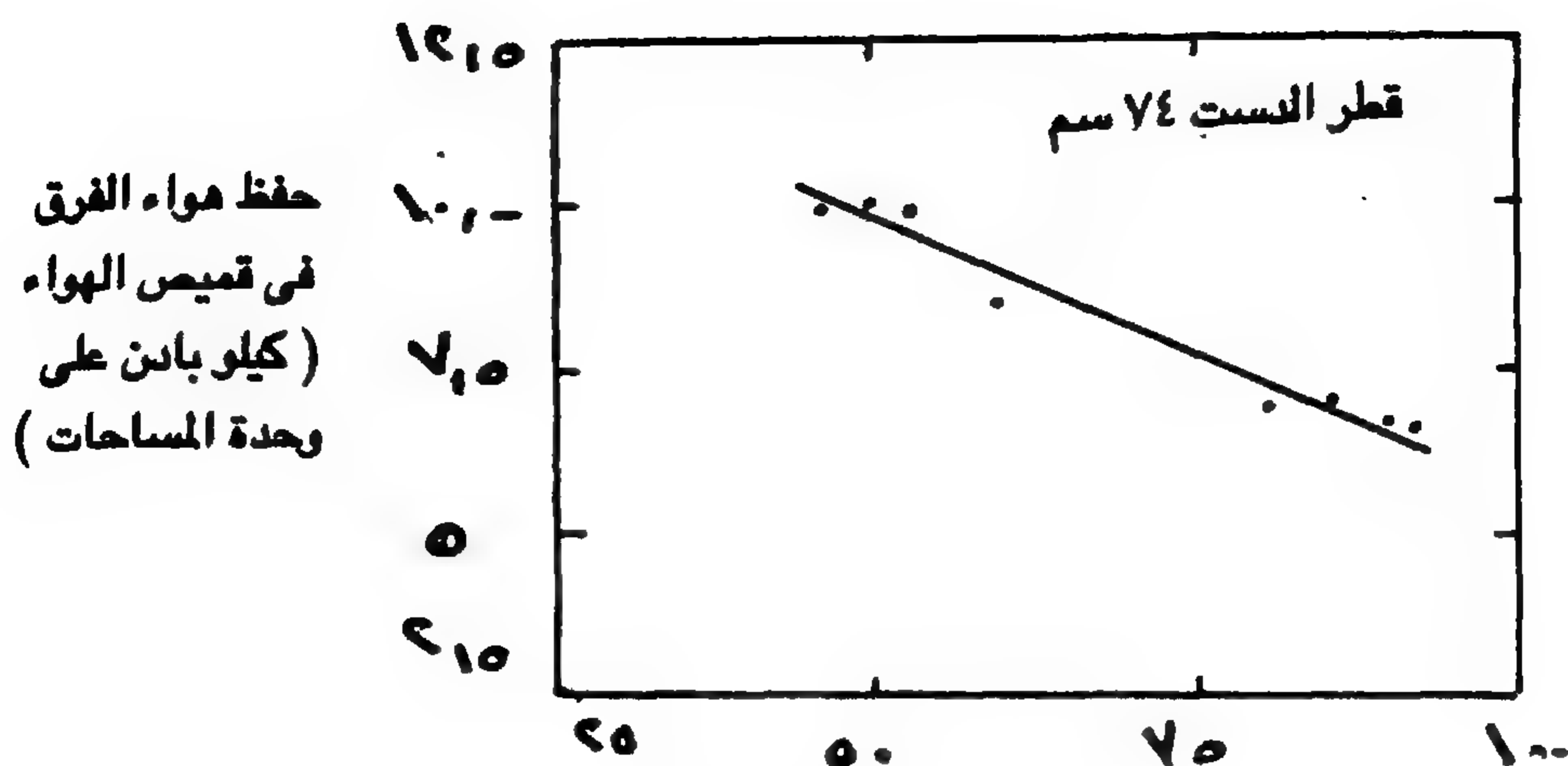
١- عند استعمال فحم كوك مقاس أقل من ٧٥ مم فإن درجة حرارة المعدن تنخفض عند استعمال نفس كمية الفحم ، ويظهر هذا الوضع في جميع أفران الدست ذات المقاسات المختلفة .

٢- عند استعمال فحم كوك مقاس ٦٤ مم ( ٢.٥ بوصة ) تنخفض درجة حرارة المعدن بمقدار حوالى ٢٥°م ، أقل مما لو استعمل فحم مقاس ٩٠ مم ( ٣.٥ بوصة ) .

٣- للحصول على نفس درجة الحرارة باستخدام فحم مقاس ٦٤ مم ( بدلاً من مقاس ٩٠ مم ) فلا بد من زيادة استهلاك الفحم بمعدل ٢.٥٪ . وفى حالة تدفق الهواء بنفس المعدل فإن معدل الصهر ستنخفض بمقدار ٢٠٪ .

والتأثير الإضافى لانخفاض حجم قطع فحم الكوك يوضحه الشكل رقم (٩٩) هو ازدياد ضغط الهواء المطلوب لتدفق نفس الحجم من الهواء داخل فرن الدست ، وفى الأحوال التى لا يمكن مروحة الهواء من زيادة ضغط الهواء الداخلى للفرن فإنه يؤدى بالتالى إلى انخفاض معدل تدفق الهواء مع تأثير ذلك على انخفاض معدل الصهر .

ومن الواضح من هذه المعلومات أن زيادة حجم قطع الكوك أكبر من ٩٠ مم ( ٣.٥



شكل (٩٩) تأثير حجم الكوك على درجة حرارة المعدن .

بوصة ) ليس له أى تأثير مفيد ( وقد أثبتت بعض الاختبارات الحديثة باستعمال أنواع مخصصة من الكوك الأمريكى والبريطانى ذات الأحجام الكبيرة هذه الحقيقة ، وأكديتها خصوصاً فى الأفران الكبيرة الحجم ) . ومن المحتمل أن يكون هذا راجعاً إلى أن قطع الفحم الكبيرة تميل إلى أن تتشقق ، وهذا بالطبع يؤدي إلى انكسارها بسهولة فى أثناء نقلها وشحنها وفى أثناء وجودها داخل الفرن ( الدست ) نتيجة اصطدام واحتكاك الشحنات مع بعضها ، وعندئذ فإن قطع الفحم الكبيرة المتشقة بشدة قد تؤدي إلى حدوث تدهور de-Teriation لكفاءة أداء أفران الدست .

والحصول على أداء مثالى Optimum لفرن الدست يفضل أن يكون المقاس المتوسط لفحم الكوك أكبر من ٩٠ مم بحيث لا يحتوى على فحم مقاسه ٥٠ مم ( ٢ بوصة ) بنسبة تزيد عن ٤٪ . وهناك بعض مصانع إنتاج فحم الكوك يمكنها إنتاج كوك بمقاس ١٠٧ مم وبعضها يمكنها إنتاج فحم بمقاس ١٠٢ مم كمقاس متوسط .

ومن المسلم به أيضاً أنه فى أى عملية توصيف يجب أن يكون هناك معيار لقياس معدل انخفاض حجم Degradation فحم الكوك فيما بين نقطة الإرسال ( مصنع الكوك ) وبين فرن الدست . ويمكن الحصول على هذه المعلومات من نتائج اختبارات التهشيم Shatter



ومقاومة الاحتكاك Micum ، وقد يكون هناك بعض الشكوك في نتائج هذه الاختبارات على الرغم من وجود بعض المؤشرات التي تم الحصول عليها من نتائج أجريت في ألمانيا ، حيث أثبتت أن الكوك الذي يعطى أدلة لمقاومة الاحتكاك بدرجة عالية - Large Micum Indi- ces ( حيث إن الوضع العادي يتراوح بين  $M_{10}$  ،  $M_{40}$  ) مثل  $M_{80}$  أو  $M_{100}$  يعطى ثقة أكبر في جودة الكوك .

### مواصفات كوك المسابك Foundary Coke Specification

المواصفات القياسية لكوك المسابك موضحة في جدول رقم (٢٠) ، وهذه المواصفات تمثل خواص فحم الكوك عند منطقة إنتاجه من فرن التوكيك Coke Oven . ويجب أن نسلم بأن هذا أقصى ما يمكن إنجازه باستخدام خامات الفحم الحجري المتاحة حالياً ، وتتم عملية مراجعة من وقت لآخر للعلاقة بين ما هو متاح من أنواع الفحم الحجري وبين التحسينات التي يتم إجراؤها في عملية التوكيك Coking Practice . وفي وقتنا الحاضر يتم اتخاذ دليل التهشم  $2^{nd}$  Shatter Index على اعتبار أنه المقاس اللازم لقياس مقاومة فحم الكوك لانخفاض حجمه Degradation Resistance نتيجة عمليات النقل .

جدول (٢٠) مواصفات كوك المسابك

اسم مصنع الكوك	Cwm	Coedely	Norwood	Lambton	Derwenthaugh
الرطوبة	٤٪ حد أقصى	٥.٥٪ حد أقصى	٣٪ حد أقصى	٣٪ حد أقصى	٣٪ حد أقصى
الرماد	٩٪ حد أقصى	٩٪ حد أقصى	٩٪ حد أقصى	٩٪ حد أقصى	٩٪ حد أقصى
المواد الطيارة	٨٪ حد أقصى	٠.٧٪ حد أقصى	٠.٠٧٪ حد أقصى	٨٪ حد أقصى	٨٪ حد أقصى
الكبريت	٠.٨٥٪ حد أقصى	٠.٨٥٪ حد أقصى	٨٪ حد أقصى	٨٪ حد أقصى	٨٪ حد أقصى
$2^{nd}$ دليل التهشم	٩٠ حد أدنى	٩٠ حد أدنى	٩٠ حد أدنى	٩٠ حد أدنى	٩٠ حد أدنى
الحجم					
الحجم المتوسط	٤.٢ حد أدنى	٤.٠ حد أدنى	٤.٢ حد أدنى	٤.٢ حد أدنى	٤ حد أدنى
الحجم الأقل من المعدل	الحجم الأقل من $2^{nd}$ يجب ألا يزيد عن ٤٪ .				

كل هذه المواصفات هي خواص الكوك بعد خروجه مباشرة من أفران التوكيك ( تسليم المصنع )

## مساعداات الصهر Cupola Fluxes

إن الغرض الأساسى من إضافة مساعد الصهر إلى شحنة فرن الدست هو الحصول على خبث ذات قوام سائل Liquid Slag بجانب الشوائب التى يتم شحنها فى الفرن مثل الرمل والصدأ الموجودين فى الخامات المعدنية ، بالإضافة إلى مواد التبطين التى تنصهر فى أثناء تشغيل الفرن .

وفى عمليات الصهر باستخدام خبث قاعدى يتم إضافة مساعد الصهر بكميات كافية وذلك لتعديل تركيب الخبث إلى التركيب المناسب . ومن الخامات المستخدمة الحجر الجيرى Lime Stone والنوع الجيد منه يكون تركيبه على النحو التالى :

٩٦٪ الحد الأدنى	[	أكسيد كالسيوم ( جير ) CaO	٥٤٪ على الأقل
		ثانى أكسيد الكربون CO <sub>2</sub>	٤٢٪ على الأقل
٤٪ الحد الأقصى	[	سيليك ( ثانى أكسيد السيليكون ) SiO <sub>2</sub>	٢٪ على الأكثر
		ألومينا ( أكسيد الألومنيوم ) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	١٪ على الأكثر
		أكسيد حديد Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		مغنيسيا ( أكسيد الماغنسيوم ) MgO	١٪ على الأكثر

وإذا احتوى مساعد الصهر على نسبة أعلى من السيليك فيجب زيادة كمية الحجر الجيرى عن الحد المقرر . وعند استعمال حجر جيرى من النوعية الجيدة فيتم استخدام كمية يمثل وزنها حوالى ٢٥ - ٣٠٪ من وزن شحنة فحم الكوك المستخدمة فى الفرن .

### الفلورسبار Fluorspar (الحجر الفلورى - فلوريد الكالسيوم البلورى)

فى بعض الأحيان يتم استخدام الفلورسبار كوسيلة لتحسين سيولة جليخ الفرن Fluidity خصوصاً فى حالة الخبث القاعدى . وهذا لا يؤدي إلى أى غرض أكثر من زيادة سيولة الجليخ .





## الباب الثانى عشر

### طرق بزل وتخزين المعدن المنصهر

### Tapping Methods and Receivers

إن طريقة البزل المتواصل Continuous Tapping مع استخدام مستقبل -Receiver أصبحت هى الطريقة الأكثر انتشاراً مع الاتجاه المتزايد نحو استخدام طرق الإنتاج المستمر فى السبائك .

وكثيراً ما لا يعتد بفكرة إقامة أنظمة بزل متواصل ومستقبلات ولا توضع فى الاعتبار فى الكثير من التفاصيل . ونتيجة لهذا فإنها كثيراً ما تطبق فى أوقات غير مناسبة بالمرّة وأحياناً لا تطبق فى الظروف التى يجب أن تطبق فيها .

وعلى الرغم من أن قرار استعمال طريقة البزل المتواصل أو المتقطع يجب أن يعتمد بدرجة قصوى على ظروف المسبك الخاصة والتى توضع بمعرفة المسبك ذاته ، إلا أنه يجب أن يوضع فى الاعتبار المزايا والعيوب التالية :

#### مزايا نظام الصب المتواصل

١- الميزة الواضحة لنظام الصب المتواصل هو تلافى الحاجة إلى عمليات البزل المتتالية Tapping وعمليات سد فتحة البزل Botting . وهذا الوضع له أهمية خاصة فى المسابك الميكانيكية والتى تتطلب ظروف عملها توافر المعدن المنصهر بصفة مستمرة لملاء البواتق بمعدلات صغيرة تتناسب مع ما يقوم فرن الدست بصهره . وكلما قلت عدد ساعات العمل أو معدل الصهر أو درجة الميكنة كلما قلت ميزة العمل بطريقة البزل المتواصل حتى نصل إلى حد معين يتوقف عنده إمكانية تنفيذ هذه الطريقة .

٢- عند استعمال نظام البزل المتقطع Intermittently فإن كمية المعدن الموجودة فى خزنة الفرن قد تتغير بدرجة كبيرة فى أثناء الصهرة نفسها ، إلا إذا تم السيطرة بدقة على عملية البزل . بينما فى نظام البزل المستمر تبقى كمية صغيرة نسبياً فى خزنة الفرن بصفة مستديمة . كما أن الاختلاف الكبير فى درجة التقاط الكربون

أحياناً ماتصاحب طريقة البزل المتقطع خصوصاً عند صهر نوعيات من الحديد منخفض الكربون Low Carbon وقد تتلشى هذه الظاهرة إذا تواجد المعدن بكميات صغيرة وحدث تلامس بينه وبين الكوك في فترات منتظمة قبل وصوله إلى فتحة الصب Taphale .

٣- عند استعمال نظام الصب المتواصل مقترناً مع مستقبل ( خزان ) Receiver ذى سعة كافية لحفظ المعدن ليوفى المتطلبات المختلفة للمسبك . عندئذ يمكن ضبط عملية الصهر بمعدل ثابت ، وبذلك يمكن الحصول على ظروف ملائمة تماماً لعملية تشغيل فرن الدست مع الحصول على درجة حرارة منتظمة للمعدن مع تركيب كيميائى منتظم .

٤- العديد من الصعوبات التى يقابلها المسبك تتلشى عند تحويل الفرن من نظام البزل المتقطع إلى نظام البزل المتواصل . فمثلاً يمكنه أن يمنع عملية حدوث فشل فى غلق فتحة الصب التى أحياناً ماتحدث ، كما يمنع انسداد فتحة الصب بالزهر البارد Hard Taphole ، كما يمنع حدوث تسرب للمعدن من فتحة الصب ، كما يمنع وصول الخبث إلى الودنات أو البوتقة .

### مساوئ نظام الصب المتواصل

١- مع استخدام نظام البزل المتواصل تبقى كمية صغيرة جداً من المعدن فى خزنة المعدن بفرن الدست ، ولهذا السبب يكون من المناسب وجود خزان لاستقبال المعدن ذات سعة كافية وذلك لضمان عدم وجود تذبذب Fluctuation فى تركيب المعدن . وهذا يعنى تكاليف إضافية فى التركيب والتشغيل والصيانة .

٢- على الرغم من أن درجة حرارة المعدن تكون أعلى عند فتحة الصب ، إلا أن معدل تدفق المعدن Metal Flow Rate إلى البوتقة يعتبر أقل مما فى حالة البزل المتقطع . وفى أثناء تدفق المعدن من الفرن إلى البوتقة أو الخزان يحدث فقد شديد فى درجة الحرارة . وهذا الفقد يزيد كلما قل معدل الصهر ، ولهذا فإن معدلات الصهر التى تقل عن ٢ طن / ساعة يكون معدل فقد الحرارة فيها من تيار المعدن الرفيع معدلاً عالياً .

## الطرق المختلفة للبزل المتواصل

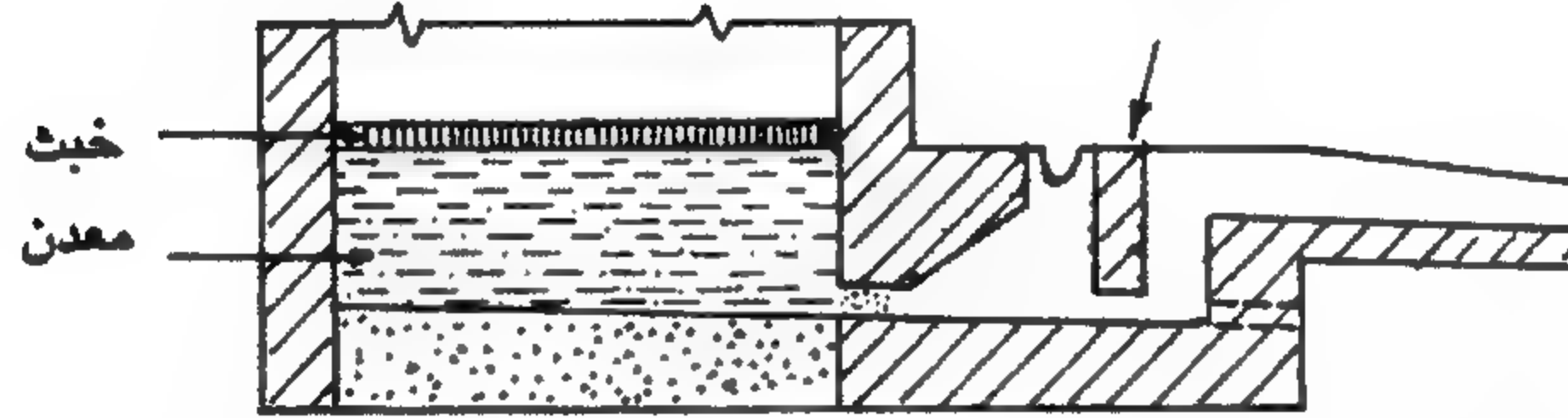
فيما يلي نعرض الطرق الرئيسية المستعملة في الحصول على تيار ثابت من المعدن المنصهر من أفران الصهر ( الدست ) بدون الحاجة إلى سد فتحة البزل بعد كل مرة تمثلاً فيها البوتقة .

### طريقة البزل والتجليخ الأمامي المتواصل

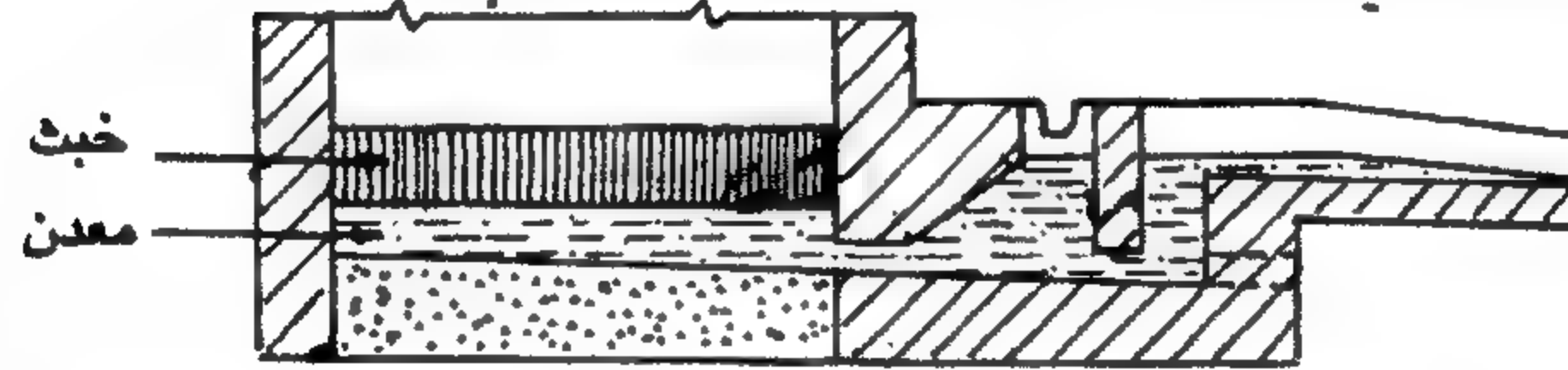
#### Continuous Front Tapping and Slagging

إن أفضل الطرق تفضيلاً للحصول على تيار متواصل من المعدن من فرن الدست يمكن الحصول عليه باستخدام التجليخ الأمامي Front Slagging Spout . وإن تصميمات مجرى الصب الأمامي المستخدمة للبزل والتجليخ تختلف اختلافاً واسعاً ، لكن المبدأ الأساسي دائماً واحد في جميع التصميمات . والشكل رقم (١٠٠) يوضح مثلاً لأحد التصميمات الفعالة والتي سبق تجربتها وأثبتت كفاءة .

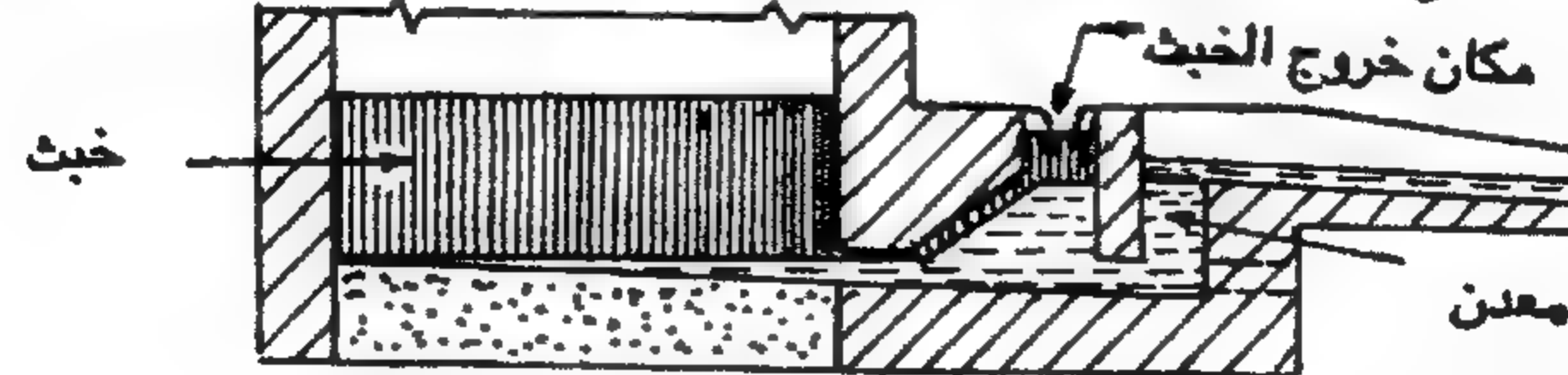
يتم تسخين مجرى  
الصب قبل بداية البزل



(أ) قبل الصب - يتم تجميع كمية كافية من المعدن في خزنة الفرن .



(ب) عند فتح فتحة البزل يتدفق المعدن إلى مجرى الصب ويتجمع الخبث داخل خزنة الفرن



(ج) تتجمع كمية كافية من الخبث لتضغط على المعدن  
أسفل فتحة الصب ويتدفق الخبث ليخرج من المخرج  
المخصص للخبث .

شكل (١٠٠) الطريقة المستمرة للبزل الأمامي والتجليخ الأمامي .



وعادة يتم سد فتحة الصب Taphole بالرمل قبل بداية تشغيل المروحة ( الشكل رقم ١٠٠-أ ) وليس من المعتاد فتح هذه الفتحة قبل تجميع كمية كافية من المعدن في خزنة الفرن ليتدفق بغزارة Flush خلال مجرى الصب و ليصل إلى البوتقة أو المستقبل . ومع تقدم عملية الصهر تتجمع كمية من الجلخ في خزنة الفرن ( الشكل رقم ١٠٠ - ب ) وبعد فتح فتحة الصب ينخفض مستوى السطح الفاصل بين المعدن وبين الخبث ، وبالتالي يتمكن الخبث من الهروب من خلال فتحة الصب كما هو موضح بالشكل رقم ( ١٠٠ - ج ) ، ثم يلي ذلك تدفق المعدن والخبث معاً تبعاً لمعدل صهر المعدن ، ثم يرتفع سطح الجلخ إلى أعلى مرة أخرى حتى يصل إلى الحز الخاص بتسريب الجلخ The Slag Notch .

وعندما يتدفق المعدن والجلخ بحرية من الفرن ، فإن الضغط الفيروستاتيكي -Ferro-static Pressure الناتج عند السطح العلوي للمعدن الذي يكون على ارتفاع (x) في الشكل رقم (١٠١) يساوى ضغط السائل Fluid Pressure من الجلخ الموجود داخل خزنة الفرن والذي يساوى ارتفاعه المقدار (S) بالإضافة إلى ضغط الغاز (أ) Gas Pressure على سطح الخبث العلوي .

وارتفاع المعدن (x) بوصة يتناسب مع عمق الخبث (s) بوصة ومع ضغط الغاز تبعاً للعلاقة التالية :

$$0.25 x = 0.087 S + 0.036 P$$

$$\text{or} \quad x = 0.348 S + 0.144 P$$

حيث إن 0.036 , 0.087 , 0.25 عبارة عن كثافة كل من الماء والخبث المنصهر والمعدن المنصهر على التوالي معبراً عنها بوحدة الرطل / بوصة<sup>٣</sup> (lb/in<sup>3</sup>) .

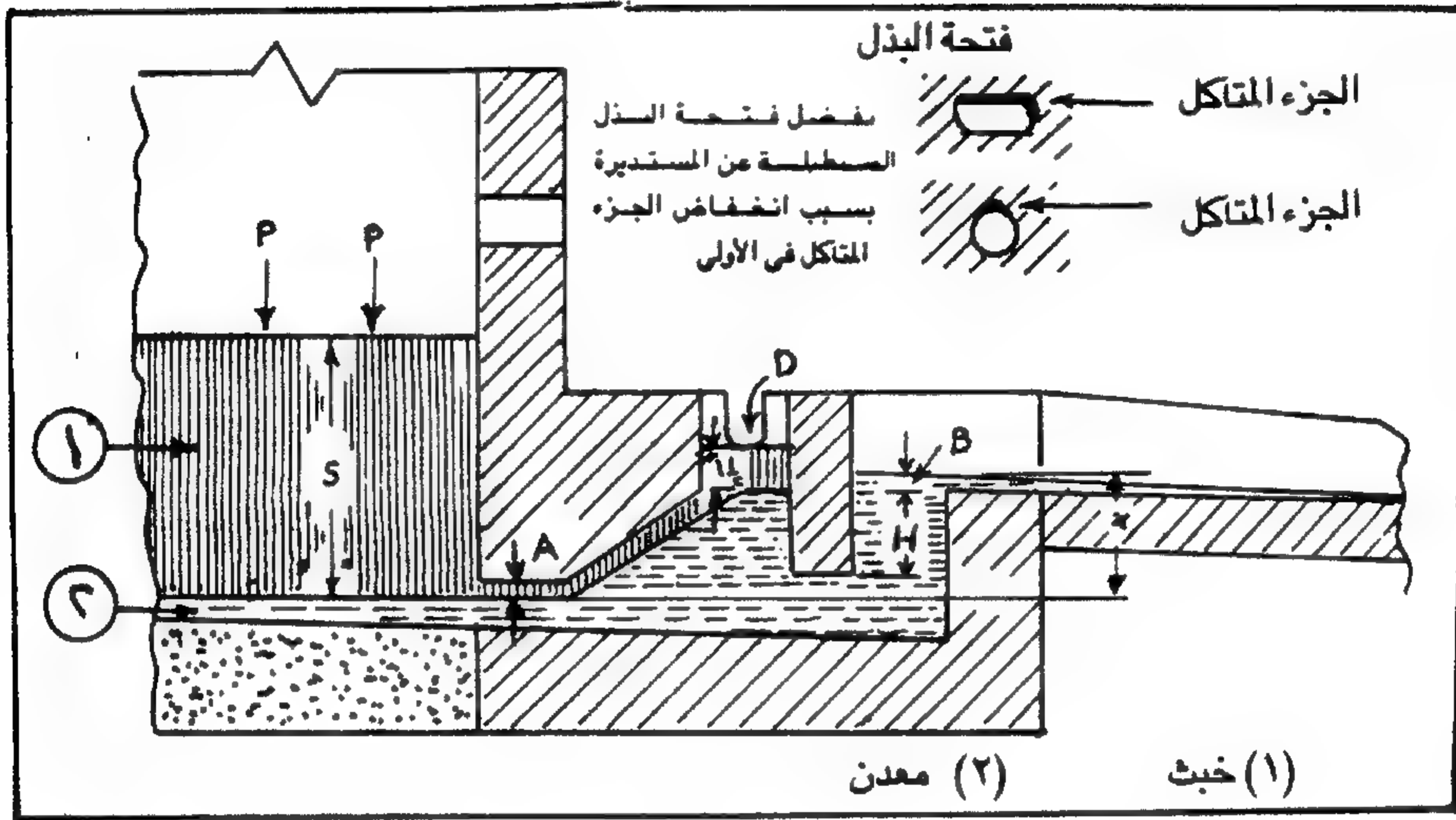
وحيث إن النسب بين الكثافات المختلفة لا تتغير بتغير الوحدات. لذلك فإن العلاقة بين x , s , p في الوحدات الفرنسية ( المترية ) كما هي .

$$x = 0.348 S + 0.144 P$$

وقيمة ضغط الغاز (p) في خزنة الفرن تكون أقل من ضغط الهواء في قميص الهواء Windbelt وتكون في حدود ٨٠٪ من قيمة ضغط الهواء . ولهذا فقد تعتبر قيمة صغيرة في

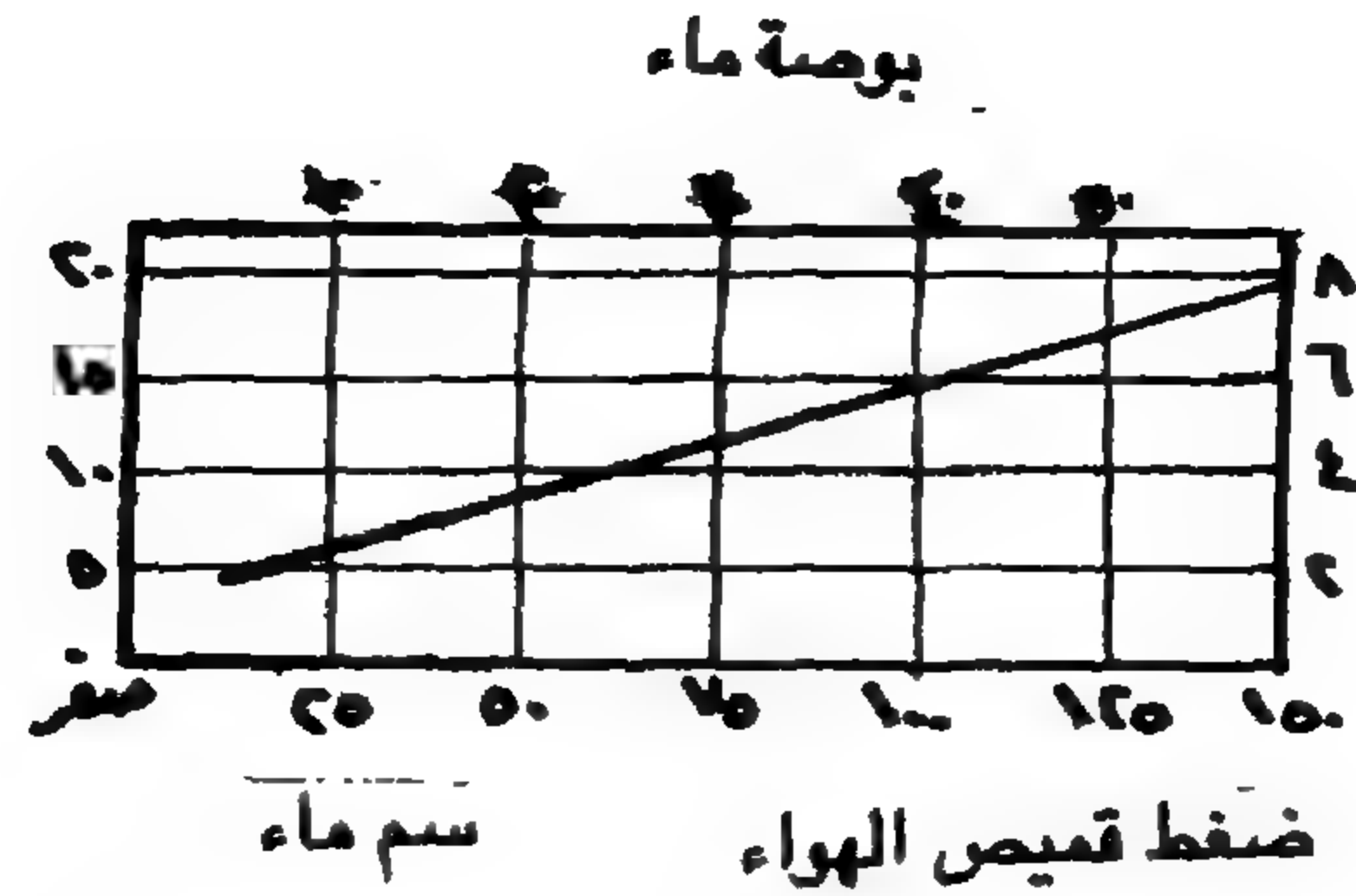
حالة استخدام هواء ذات سرعات عالية ( فى حالة استخدام وبنات صغيرة المساحة ) .

إن تحديد المقاسات الصحيحة لمجرى الصب Spout عملية فى غاية الأهمية وتعتبر أهم مسافة هى الارتفاع (H) وهى المسافة الرأسية بين قمة فتحة الصب Top of Tap-hole وبين قاع تيار المعدن Metal Overflow فى نهاية مجرى الصب ( انظر الشكل رقم ١٠١ ) .



شكل (١٠١) ابعاد مجرى الصب فى حالة البزل والتجليخ الامامى المستمر .

فإذا كان هذا الارتفاع صغيراً ، فإن ضغط المعدن فى مجرى الصب لن يكون كافياً ليقاوم ضغط الغاز فى خزنة الفرن ، فإن فتحة الصب سيتسرب منها غازات الفرن ، أما إذا كان الارتفاع (H) كبيراً جداً Too High فإن الجليخ سوف يرتفع داخل الفرن ، وقد يصل إلى مستوى الوبنات قبل أن يتسرب من خلال فتحة الصب .



شكل (١٠٢) طريقة إعداد فتحة تصريف المعدن العلوية .

والشكل رقم (١٠٢) يوضح الأوضاع المختلفة للحز الخاص بتيار المعدن Metal Overflow Notch . وهذه الأوضاع تم تحديدها بناءً على العلاقة ( المعادلة ) السابقة ، وذلك لإعطاء ارتفاع الجلخ داخل الفرن في حدود ٢٠ سم ( ٨ بوصة ) ، ويمكن الاحتفاظ بمستوى الجلخ أعلى من هذا ، وذلك بزيادة ارتفاع تيار المعدن (H) والعكس بالعكس .

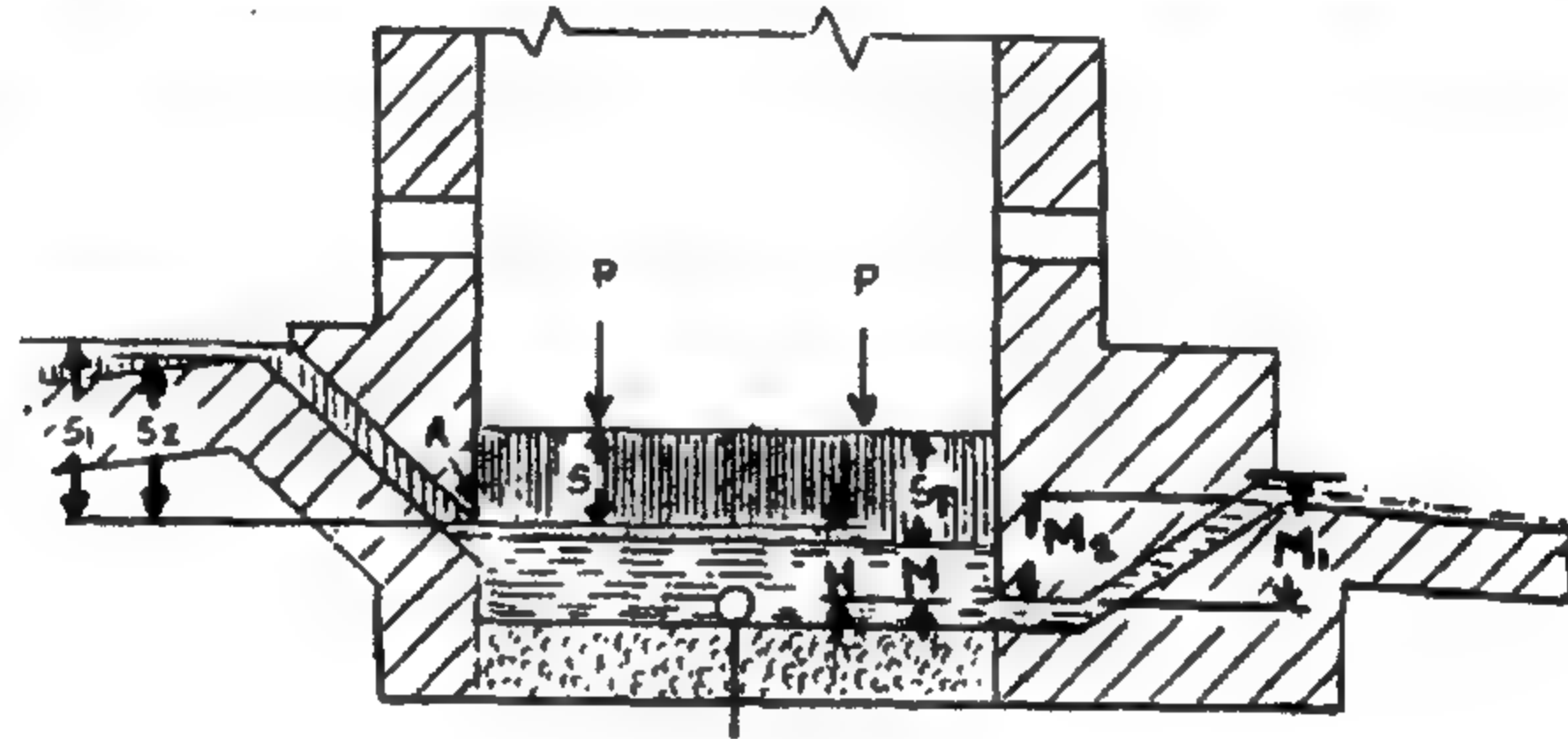
عند استخدام العلاقة السابقة لحساب ارتفاع المعدن ( تيار المعدن ) H للحصول على ارتفاع معين للخبث ، فيجب ملاحظة أن ارتفاع المعدن (X) في الشكل رقم (١٠٣) ليس هو المسافة الرأسية بين قمة فتحة الصب وبين قاع تيار المعدن ولكنه يزيد عنه بالسلك B وهو ارتفاع المعدن الذي يغمر الحز الخاص بتيار المعدن بالإضافة إلى المسافة A وهي سمك طبقة الجلخ الذي يعلو المعدن أسفل قمة فتحة الصب .

بالنسبة للعلاقة بين مقاس فتحة الصب Taphole Size وبين مقاس الفرن فهي مسألة غير ذات أهمية ، حيث يتم عمل فتحة الصب واسعة بدرجة كافية وذلك لتعطي تياراً غير محدود من المعدن والخبث معاً . وعادة ماتستعمل فتحة عمقها ٦٤ مم ( ٢.٥ ) وعرضها ٨٩ مم ( ٣.٥ بوصة ) ، مع وجود الأركان مستديرة . وكما هو موضح في شكل رقم (١٠١) فإن هذا النوع من الفتحات يفضل عن الفتحات الدائرية Round ، حيث إنها تؤدي إلى تقليل النحر الرأسى Vertical Erosion في قمة فتحة الصب . وبالتالي تحافظ على مقاسات فتحة الصب ثابتة طوال عملية الصهر .



ويتم تجهيز مجرى الصب باستخدام مواد حرارية مركوكة - Ramming Refractories حول شكل مناسب . وبالنسبة لأفران الدست الحامضية تكون الحرارية المستخدمة هي الجانستر ذات نقطة الانصهار العالية Ganister of High Fusion Point أما في حالة صهر كميات كبيرة من المعدن أو في حالة ما إذا كانت درجة حرارة المعدن مرتفعة فإنه يفضل استعمال الجانستر المخلوط بالجرافيت أو تراب البواتق القديمة . والعديد من هذه المواد أصبحت متوافرة حالياً . ويمكن الحصول على نتائج أفضل بكثير في حالة استعمال مواد حرارية للرك تحتوي على نسبة عالية من الألومينا High Alumina .

### الطريقة المستمرة للبزل الأمامي والتجليخ الخلفي أو الجانبي Continuous Front Tapping and Rear- or Side Slagging



فتحة التصريف

\* لحساب سيفون الجليخ ( المعادلة الأولى (١) )

$$S_1 = S + 0.414 P$$

$$S = S_T - 1 = 9 - 1 = 8$$

$$\therefore S_1 = 8 + 0.414 \times 24 = 8 + 9.9 = 17.9 \text{ in}$$

\* ولحساب سيفون المعدن ( المعادلة الثانية (٢) )

$$M_1 = M + 0.348 S_T + 0.144 P$$

$$= 6 + 0.348 \times 9 + 0.144 \times 24$$

$$= 6 + 3.13 + 3.46 = 12.6 \text{ in}$$

اجعل ارتفاعات فتحات تصريف الخبث والمعدن  $S_2$  ,  $M_2$  أصغر

مكبلاً من الارتفاعات المحسوبة وذلك لوضع سمك تيار الخبث والمعدن

في الاعتبار عند فتحات التصريف

الارتفاع  $H$  بين مخرجي الخبث والمعدن ( المخرج العلوي )

$$= 6 + 1 = 7 \text{ in}$$

\* سيفون الجليخ

معادلة الاتزان الهيدروإيكلي

$$0.087 S_1 = 0.087 S + 0.036 P$$

$$\therefore S_1 = S + 0.414 P \quad (1)$$

\* سيفون المعدن معادلة الاتزان الهيدروإيكلي

$$0.25 M_1 = 0.25 M + 0.087 S_T + 0.144 P \quad (2)$$

\* مثال

مطلوب الارتفاع الكلي للخبث  $S_T = 9$  بوصة

إرتفاع المعدن  $M = 6$  بوصة .

الضغط في قميص الهواء = ٢٠ بوصة ماء .

إفرض أن الضغط الخزان = ٨ . ٠ × ضغط قميص الهواء

= ٢٤ بوصة ماء .

قطر فتحة خروج المعدن = ٢ بوصة

قطر فتحة خروج الخبث = ٢ بوصة

المسافة بين سطحي المعدن والخبث عن نقطة  $A = 1$  بوصة .

شكل (١٠٢) الطريقة المستمرة للبزل الأمامي والتجليخ الخلفي .

فى هذه الطريقة الموضحة فى الشكل رقم (١٠٣) يتم سحب المعدن والخبث خلال سيفونات مختلفة Separate Siphons . ويقتصر استخدام هذا النوع على أفران الدست الكبيرة . وهى تمتاز عن النوع السابق ( طريقة البزل الأمامى للمعدن والخبث معاً ) . وفى النوع السابق يتم تخزين كمية صغيرة من المعدن داخل خزنة الفرن ، وهذا يعطى فرصة كبيرة لحدوث تغيير بدرجة زائدة فى تركيب المعدن عند فتحة الصب . وهذا الاختلاف فى التركيب عموماً يعتبر عيباً خطيراً Serious إذا كانت الشحنات المعدنية تتكون من مواد غير متشابهة فى خواصها الطبيعية والكيميائية ، وعلى هذا فيجب تزويدها بخزان خارجى بهدف إعطاء الفرصة لحدوث تساوى فى التركيب الكيميائى للمعدن المنصهر النازل من الفرن . بالإضافة إلى أن المعدن يظل فترة صغيرة جداً فى حالة تلامس مع الكوك فى خزنة الفرن ، وهذا يؤدى إلى انخفاض الكمية المكتسبة من الكربون .

أما فى حالة الطريقة المستمرة للبزل الأمامى والتجليخ الخلفى أو الجانبى ، فإن كمية المعدن التى يتم الاحتفاظ بها فى خزنة الفرن يمكن تثبيتها تبعاً للتصميم المناسب لسيفونات المعدن والجلخ . وعلى أية حال إذا لم يكن عمق السيفون كبيراً فلن يكون هناك مخزون كافٍ فى خزنة الفرن وبالتالي إذا استخدمت فى هذه الطريقة بواتق صغيرة لسحب المعدن ذات حجم أقل بكثير من وزن الشحنة الواحدة للفرن فيجب أن يكون هذا الوضع مقصوداً على الأفران التى تتكون شحناتها من خليط من الخامات التى يكون الاختلاف فى تركيبها الكيميائى غير واضح أو غير كبير كما فى حالة زهر التماسيح Pig Iron وخردة حديد الزهر Cast Iron Scrap . والميزة الأخرى لهذه الطريقة هى السماح بالضبط الأفضل لظروف أداء البطانة الحرارية . فمثلاً يمكن عمل مجرى وفتحة الصب الخاصة بالخبث من عجينة الكربون المركوك Carbon Ramming Paste ، أما مجرى وفتحة الصب الخاص بالمعدن فيمكن عملها من مادة الجانستر المجرفت Graphitized Ganister أو من مادة رك لدنة تحتوى على نسبة مرتفعة من الألومينا . وهذه نقطة مهمة عند مفاضلتها فى حالة التشغيل مع الجلخ القاعدى .

ولا يتم فتح ثقب الجلخ قبل مرور فترة تتراوح من نصف ساعة إلى ساعة من بداية عملية الصهر ، وذلك لضمان تجمع كمية كافية من الخبث فى خزنة الفرن ليتمكن الاندفاع وتسخين مجرى صب الجلخ ، ولتحاشي تجمد الجلخ . وانسداد مجرى صب الجلخ فى بداية

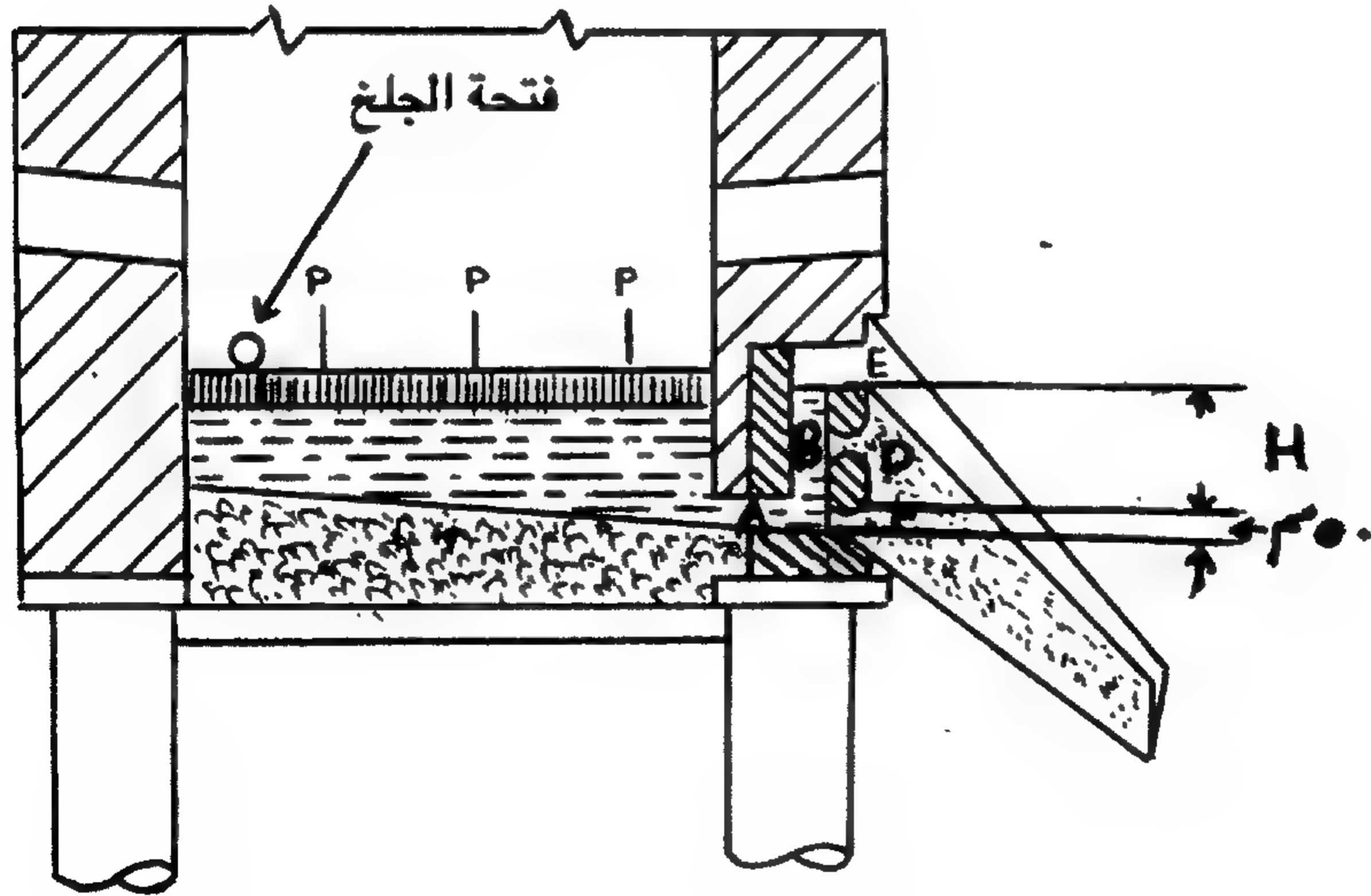
الصهرة . وفي هذه الفترة يجب مراقبة الودنات بعناية لضمان أن مستوى السطح العلوى للخبث لن يصل إلى ودنات الهواء . كما يجب عمل الاستعداد اللازم لتصريف ما بداخل خزنة الفرن في نهاية الوردية .

إن طريقة تقدير مقاسات سيفون المعدن وسيفون الخبث لتحديد العمق المطلوب لكل من المعدن والخبث موضحة في الشكل رقم (١٠٢) . وقد قام Pleczarski بتقديم بعض التفاصيل عن تصميم ومقاسات السيفونات الخاصة بسحب المعدن الأمامى في عمليات البزل المستمر وسحب الخبث من الخلف . وقد قام بعمل مخطط بياني Nomogram لها حيث يمكن الحصول من هذا المخطط على الأبعاد المناسبة للمتطلبات المختلفة لعملية البزل .

### عملية البزل المستمر باستخدام سيفون من الطوب الحرارى

#### The Siphon Brick

يوضح الشكل رقم (١٠٤) طريقة البزل باستخدام الطوب الحرارى حيث ثقب (A) في ظهر طوبة السيفون وهذا الثقب يسمح للمعدن بالدخول خلال المجرى (B) والتي تمر لأعلى في منتصف الطوبة .



شكل (١٠٤) طريقة طوبة السيفون المستخدمة في بزل المعدن في فرن الدست .



وفي مقدمة الطوبة يوجد ثلاثة ثقوب (E,D,C) وكل ثقب منها متصل بالمجرى الرئيسية (B) . وفي بعض الأحيان يوجد ثقبان فقط . وفي بداية عملية الصهر يترك الثلاثة ثقوب مفتوحة . وعندما يبدأ المعدن في الانصهار يسمح له بالتدفق خلال الثقب السفلى (C) حتى يسخن . يتم بعدها غلق ( سد ) هذا الثقب (C) ويسمح للمعدن بالارتفاع خلال المجرى الرئيسية (B) ليتدفق من خلال الثقب الثانى (D) . وقبل مرور المعدن خلال الثقب الثانى يجب إضافة بعض الرمال الأرضية إلى مجرى الصب مع ركلها بهدف رفع مستوى أرضيتها أو تعليتها . وعندما يسخن الثقب الثانى بدرجة كافية يتم غلقه ، وسده ويتم اتخاذ نفس الإجراء بالنسبة للثقب الثالث (E) . ويجب إعداد مجرى الصب لتعطى تدفقاً سهلاً للمعدن من الثقب العلوى عندما يمر خلاله .

وفي حالة ما إذا كان مطلوباً إيقاف تدفق المعدن من هذه الفتحة فكل ما هو مطلوب فى هذه الحالة هو تقليل الهواء أو إيقاف المروحة ، وهذا التصرف يؤدي إلى تقليل ضغط الهواء (P) فى خزنة الفرن ما يؤدي إلى ارتفاع مستوى المعدن داخل خزنة الفرن ، وبالتالي ينخفض مستواه داخل طوبة السيفون . والارتفاع (H) يجب أن تكون قيمته على الأقل ١ سم لكل ٦٧٦ باسكال (pa) من ضغط الهواء المنفوخ Blast Pressure أو بنسبة ٧:١ من مقياس ضغط الماء Water.Gauge (w.g) وذلك لضمان وجود الكمية الكافية من المعدن فى خزنة المعدن لسد فتحة طوبة السيفون .

أما الخبث فيمكن التخلص منه بطريقة مستمرة أو متقطعة من فتحة الخبث الموجودة أسفل الودنات بمسافة مناسبة . أما إذا سمح بتجميع الخبث فإن كمية المعدن التى يتم حفظها فى خزنة المعدن ستصبح أقل نسبياً . وهناك بعض التأييد لجعل ثقب الخبث مفتوحاً باستمرار بهدف الحصول على أجود خلط لمكونات شحنة الفرن .

إن استخدام طريقة البزل هذه تكون مفيدة جداً عند الحاجة إلى كمية صغيرة من المعدن على فترات زمنية منتظمة وإن استخدام هذه الطريقة لهذا الغرض يقتصر عموماً على المسابك التى تقوم بإنتاج مسبوكات من الزهر الفوسفورى Phosphoric Iron . ويتم تصريف المعدن عن طريق فتح محبس الهواء ، ويتم غلق محبس الهواء جزئياً أو كلياً مرة أخرى عند امتلاء كل بوتقة . وعند التشغيل بهذه الطريقة ( أسلوب الهواء المتقطع ) فإن

فرن الدست يحتاج إلى كميات إضافية من فحم الكوك أكثر من طريقة التشغيل العادية ، وذلك للاحتفاظ بدرجة حرارة المعدن . والأكثر من هذا أن عملية الصهر تجرى بمعدل بطيء جداً إذا كانت مروحة الهواء متوقفة . وهذا النوع من التشغيل لن يعطى كمية المعدن التى يتم الحصول عليها فى حالة التشغيل المستمر لمروحة الهواء فى فرن دست له نفس مقاس القطر الداخلى . ولهذا السبب إذا تم تشغيل فرن الدست بهذه الطريقة ( الهواء المتقطع ) فإن معدل الصهر فى هذه الحالة يجب أن يكون أكبر من معدل الصهر المطلوب فعلاً .

وفى بعض الأحيان يتم استخدام طوبة السيفون كوسيلة للحصول على تيار متواصل ( غير متقطع ) من المعدن من فرن الدست . وفى هذه الحالة يجب أن يظل معدل الهواء ومعدل الصهر فى حدود المعدلات المطلوبة . وعند استخدامها بهذه الطريقة فيجب استخدام بوتقة أو خزان قلاب Tilting Receiver وفى حالة التوقيفات الطويلة قد يصبح من الضرورى تصفية الخبث ثم تصفية المعدن من خزنة الفرن عن طريق فتح الثقب السفلى (C) الموجود فى طوبة السيفون . ويجب تصفية خزنة الفرن بهذه الطريقة فى نهاية الصهرة وذلك قبل إسقاط باب قاع الفرن .

### خزانات المعدن Receivers

إن أى وعاء يدخل بين فرن الدست وبين البواتق المحمولة يمكن اعتباره أنه خزان مستقبل Receiver ، وعند الفصل فى الأمر لتحديد ما إذا كان للخزان فائدة أم لا فيجب عمل دراسة بعناية للمزايا والعيوب التى سنحصل عليها .

### المزايا Advantages

١ - إذا كان الخزان ذات سعة كافية فإنه سيقوم بعمل تعادل أو موازنة للاختلاف الموجود فى تركيب المعدن عند مجرى الصب . ولتحقيق هذا الغرض لوحده ؛ فكلما زادت سعة الخزان كلما كان افضل ، لكن فى حالة ثبات معدل التدفق فإن الفقد فى درجة حرارة المعدن يزيد بزيادة حجم الخزان . ولهذا فيجب عمل الحل الوسط . وعند صهر خليط من زهر التماسيح وخردة حديد الزهر فإن سعة الخزان يجب أن تعادل وزن شحنتين من شحنات الفرن على الأقل .

وإذا كانت نسبة خردة الصلب فى شحنة الفرن نسبة مرتفعة فيجب أن يتسع الخزان لمعدن يعادل وزن ثلاث شحنات أو أربع على الأقل . أما إذا كانت الشحنة تتكون أغلبها من خردة صلب مع نسبة مرتفعة من السبائك الحديدية فإن الخزان يجب أن يتسع لكمية من المعدن تكفى لمدة تصل إلى الساعة إذا كان مطلوباً الحصول على معدن ذات تركيب متجانس . وفى هذه الحالة واعتماداً على نوع المعدن المنتج وعلى درجة حرارة الصب المطلوبة يصبح من الضرورى استخدام الخزان المسخن من ناحية الفقد المحتمل فى درجة الحرارة .

٢ - يقوم الخزان بتخزين المعدن ليقابل الطلب المختلف عليه ، ولذا فإن ظروف عمل الفرن فى هذه الحالة تكون أكثر توافقاً وتناسباً من ظروف تشغيل فرن دست يصب معدنه مباشرة فى بواتق المسبوكات ( يعمل بدون خزان ) .

يجب أن يكون معروفاً تماماً أنه إذا كان مطلوباً الحصول على تجانس فى التركيب لحجم معين من المعدن لا يكون متوفراً طوال الوقت وفى آن واحد ليوافى الطلب المتغير عليه . وفى الواقع فمن المتفق عليه أن يسمح بامتلاء ثلثى الخزان فقط ، وذلك للسماح للتغير الحادث بين عملية طلبه وبين التوقف عن طلبه .

٣ - إن الخزان يمنح نفسه تماماً لعملية البزل المستمر . إن عملية البزل المستمر بدون استخدام خزان مستقبل هى عملية محدودة تماماً ؛ لكنها أحياناً ماتستعمل مقرونةً بمجرى قلاب Tilting Spout فى نهايتها سلسلة من البواتق يتم ملؤها بالقتابع . ومن ناحية أخرى فإنه عند استعمال خزان تصبح عملية البزل المستمر هى الوضع المعتاد ولكنه ليس الأساسى .

٤ - فى حالة المعدن الذى يحتاج إلى أى عملية معالجة ( مثال ذلك إزالة الكبريت ) تصبح هذه العملية أكثر سهولة فى خزان الاستقبال ، كما أن الحاجة إلى إزالة الخبث من كل بوتقة تصبح عملية ملغاة تماماً .

## العيوب Disadvantages

١ - التكاليف الإضافية للمعدات وتكاليف صيانتها .

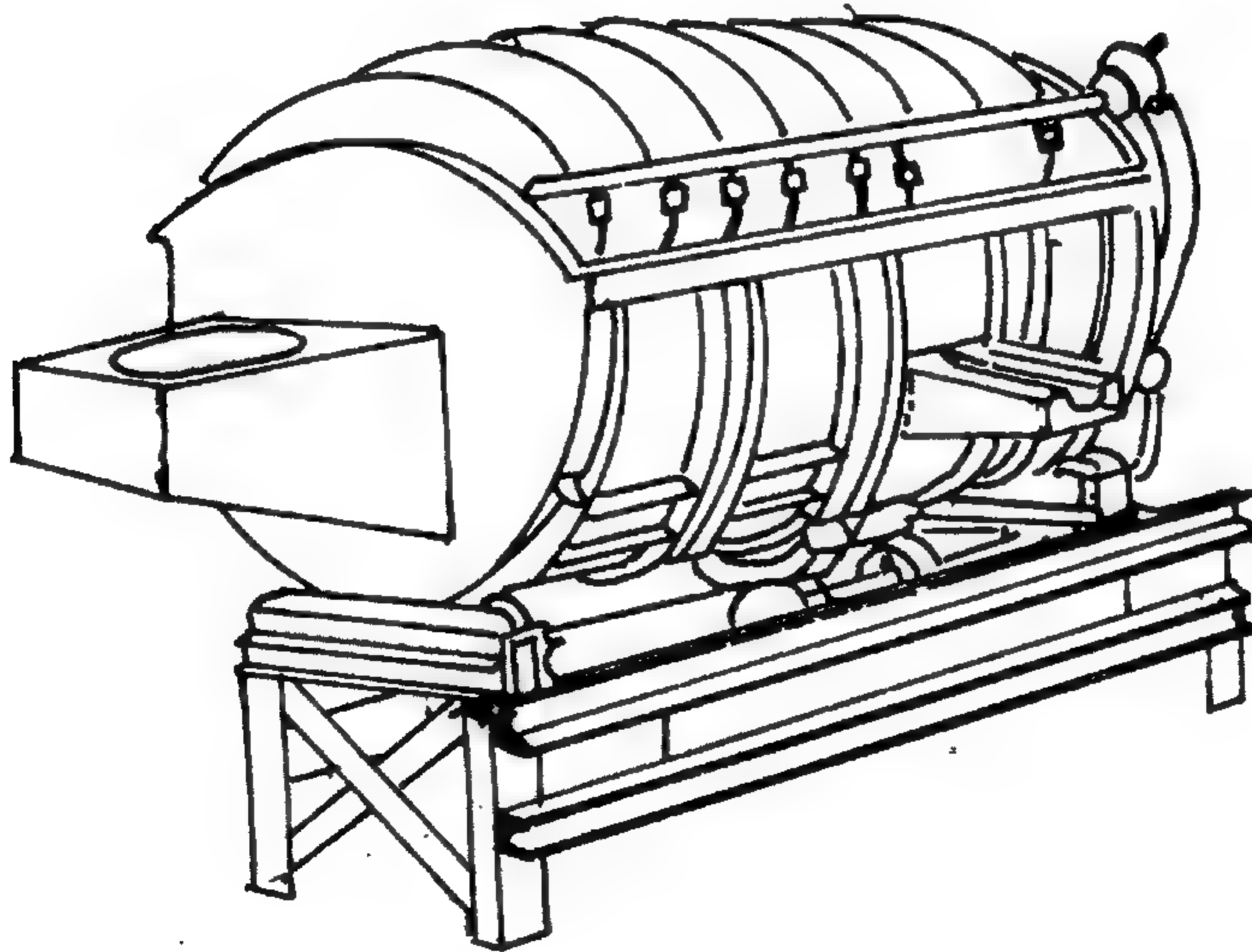
٢ - المعدن الذى يتم صبه من خزان عادى عادة ماتكون درجة حرارته أقل من درجة



حرارة صبه من فرن الدست . وإن الفقد في درجة حرارة المعدن الذي يمر على خزان نائراً ما يقل عن ٤٠°م ، وقد يكون أكثر من ذلك ، خصوصاً في حالة أفران الدست صغيرة الحجم أو إذا كان الخزان ذات حجم كبير نسبياً بالمقارنة مع معدل صهر فرن الدست . وإذا لم يؤخذ في الاعتبار الاحتياطات الخاصة بضرورة التسخين المبدئي للخزان قبل صب المعدن فيه ، فإن الفقد في درجة الحرارة سيكون كبيراً جداً في بداية الصهر .

### تصميم الخزان Receiver Design

هناك اختلاف كبير في أنظمة تصميمات الخزانات . لكنه من الممكن تصنيفها بشئ من التوسع إلى نوعين اثنين هما : النوع الثابت Fixed والنوع القلاب Tilting . وفي وقتنا الحاضر يستعمل النوع الثابت على نطاق ضيق جداً . أما الخزانات من النوع القلاب فهي عادة ماتكون عبارة عن بواتق برميلية الشكل Barrel Ladles ذات مقطع دائري أو على شكل حرف "U" كما هو موضح بالشكل رقم (١٠٥) وقد تكون من النوع الساكن Static أو



شكل (١٠٥) خزان المعدن القلاب الذي على شكل حرف U .

النوع المتحرك Mobil . ما يجب تغطية الخزان مع ترك فتحة صغيرة بقدر الامكان لدخول المعدن كعنصر تأمين . ويجب أن يكون الخزان مزوداً بمجرى على شكل مصب براد الشاي Tea Pot Spout والذي يمكن به سحب المعدن من قاع الخزان وذلك لضمان تفريغ المعدن النظيف الخالي من الخبث .

## الخزانات المسخنة Heated Receivers

إن الخزانات التى يتم تسخينها تكون دائماً على شكل حرف "U" ، كما يتم تزويدها بمواقد دائمة تعمل بالمازوت أو الغاز Permanent Oil or Gas Burners . وهذا النوع يمتاز عن النوع غير المسخن بأن الفقد فى درجة حرارة المعدن يكون أصغر . وعلى أى حال يجب أن يكون واضحاً لدينا أن هذا النوع من الخزانات لايقوم برفع درجة حرارة المعدن الذى يحتويه . وتكون هذه الخزانات أكثر تكلفة فى إنشائها وتشغيلها وصيانتها ، ولكن نظراً للمزايا التى يتم الحصول عليها ، مثل درجة الحرارة العالية والثابتة والتركيب الكيميائى المنتظم والتخزين الكبير للمعدن والذي يستمر لفترة طويلة فإن هذا النوع من الخزانات يعتبر ذات أهمية قصوى على الرغم من ارتفاع تكاليفه التى يمكن التغاضى عنها .

## الخزانات المسخنة بالتيار الكهربى

### Electrically Heated Receivers

تستخدم الأفران الكهربائية على نطاق واسع كوحدات ضبط واحتواء Holding Units لتخزين المعدن الذى يتم صهره فى أفران الدست . وبهذا الوضع فإن الفرن الكهربى يقوم بإمدادنا بمخزون متوازن ومنظم من حديد الزهر ، ولهذا فيمكن لفرن الدست أن يعمل بطريقة البزل المتواصل غير معتمد على اختلاف الطلب على المعدن داخل المسبك ، وبعد حدوث أى توقف للمسبك لأى سبب فإنه يمكن إمداد المسبك بالمعدن المطلوب بصورة فورية وفى الحال عند إعادة التشغيل مرة أخرى ، وبدرجة الحرارة الصحيحة للصب ، لتلافى التكاليف الزائدة بسبب التخلص من المعدن البارد على شكل تماسيح ، كما أن السعة الكبيرة للصبية الواحدة من الفرن الكهربى تساعد على تجانس التركيب الكيميائى للحديد الزهر المنصهر . وبالمقارنة بالخزانات ذات التسخين باستخدام الوقود السائل فإن الخزانات التى يتم تسخينها بالتيار الكهربى لديها إمكانية أن تحتفظ بدرجة حرارة المعدن أو زيادتها .

## الباب الثالث عشر

### مستلزمات الهواء غير الملوث

### Clean-Air Requirements

#### تلوث الهواء والقوانين المنظمة له Legislation

إن الحفاظ على الهواء من التلوث أصبح مطلباً حيوياً وضرورياً . ومع تزايد عمليات التصنيع أصبحت ضرورة الحفاظ على نقاء الهواء الجوى أمراً ملحاً على مستوى كوكب الكرة الأرضية . مما حدا بالكثير من الحكومات المحلية فى معظم دول العالم الاتجاه إلى سن القوانين والتشريعات التى تحد وتمنع تلوث الجو ، وتضع شروط الأمان الصناعى التى يلزم توافرها فى مختلف عمليات التصنيع ، بهدف ضمان وجود حد أدنى لعمليات تنقية عوادم هذه الصناعات من المواد الصلبة والسائلة والغازية . كما أن بعض الحكومات قامت بتشكيل هيئات متخصصة أو وزارة متخصصة للمحافظة على البيئة . وفى بريطانيا مثلاً قامت الحكومة المحلية ووزارة التعمير بإصدار التوصيات التالية فى عام ١٩٦٨ ، وهى :

- ١- يجب استخدام الطرق الحديثة فى إشعال أفران الدست والتى لاينتج عنها أدخنة .
- ٢- يجب أن تتم عملية الاحتراق كاملة داخل جسم الفرن ، وهذا يتأتى فى الغالبية العظمى إما بالتشغيل الجيد المناسب للفرن أو بواسطة استخدام اللهب المستقل فى مدخنة الفرن .
- ٣- جميع أفران الدست يجب أن تكون مزودة بوسائل لتقليل تطاير الحصى Grit والأتربة Dust . ويسمح باستخدام أجهزة تنقية عوادم الأفران بالطريقة الجافة Dry Arresters عموماً فى حالة استخدام أفران الدست التى يكون معدل الصهر فيها أقل من ٣ طن / ساعة والتى تعمل مدة لا تزيد عن ٢٥٠ ساعة / سنوياً . بالإضافة إلى ضرورة استعمال أجهزة التنقية التى تعمل بالطريقة الرطبة Wet Arresters فى أفران الدست التى يزيد معدل الصهر فيها عن ٥ طن . ساعة وتعمل أكثر من ٥٠٠ ساعة / سنوياً . وما بين هذين الحدين يتم تحديد الطريقة المناسبة تبعاً



٤- أفران الدست الحديثة ( الجديدة ) أو القائمة حالياً والتي يتم الشكوى منها بسبب ماينتج فيها من دخان أو غازات أو روائح ، يجب أن تكون مزودة بمدخنة يتم تحديد ارتفاعها عن طريق الجداول الخاصة بارتفاعات المداخل ، وذلك فيما عدا المداخل التي يجب إلا يقل ارتفاعها عن ٦٥ قدم ( ٢٠ متر ) . أما في حالة الأفران الجديدة أو الحالية التي يكون بها أو من المحتمل أن يكون بها مشكلة خاصة بالادخنة الميتالورجية ( الفبار Fume ) فيجب أن يوضع في الاعتبار ضرورة تركيب وحدة تنقية لهذه الأدخنة الميتالورجية في المقام الأول ؛ وإذا اتضح أن هذه الوحدة غير عملية فيجب تشتيت هذه الأدخنة من خلال مدخنة لا يقل ارتفاعها عن ١٢٠ قدم ( ٣٦ متر ) . والأفران الحديثة التي ليس من المؤكد أن تظهر فيها مشكلة الفبار الميتالورجي ، يجب أن يكون أساسها وإنشائها من المتانة بدرجة كافية لتكون قادرة على تحمل وزن المدخنة التي يزيد ارتفاعها عن ١٢٠ قدم أو أكثر .

### تحديد ارتفاع مدخنة الفرن Determination of Chimney Height

عند تشغيل أفران الدست يجب حساب معدل انتشار غاز ثاني الكبريت خلال الساعة الواحدة من الساعات الفعلية للتشغيل . كما يتم حساب أقصى معدل لاستهلاك الوقود . ومن المعروف أن الوضع المثالي لنسبة الكبريت في فحم كوك المسابك حوالي ٠.٧ ٪ . ويمكن افتراض أن المعدن المنصهر يقوم بامتصاص مايعادل ٥٠ ٪ من الكبريت وأن مايعادل ٣٠ - ٥٠ ٪ من الكبريت المتبقى يتم امتصاصه عن طريق رذاذ المياه المستعملة في نظام أجهزة التنقية بالطريقة الرطبة المركب على مدخنة الفرن .

ومع افتراض أن نسبة الكبريت في الكوك تصل إلى ٠.٧ ٪ فإن النسبة المتبقية منه بعد امتصاص المعدن لجزء منه تكون حوالي ٠.٣٥ ٪ ( وهذه النسبة يجب أن تؤخذ في الحسبان عند تحديد ارتفاع مدخنة فرن الدست الذي يعمل بجهاز التنقية ذات الطريقة الجافة ) . أما الأفران التي تستعمل الطريقة الرطبة لتنقية عوادم الغازات فإن نسبة الكبريت المتبقية بعد امتصاص المعدن وبعد امتصاص مياه الجهاز للكبريت قد تصل إلى ٢٠ ٪ من نسبتها في فحم الكوك ( وهذه النسبة يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تحديد

ارتفاع المدخنة فى أفران الدست المزودة بأجهزة تنقية تعمل بالطريقة الرطبة أو المبللة ) .

وبناءً على هذه التوصيات السابقة فإن الصورة المحتملة للظروف المستقبلية لأفران الدست ذات الهواء البارد تكاد تكون معروفة تماماً . وفى عام ١٩٧٢ أقامت الحكومة المحلية فى بريطانيا بالاشتراك مع وزارة التعمير المؤتمر الثانى لوضع توصيات بخصوص الحدود المسموح بها لنسب الأتربة والحصى عند تشغيل أفران الدست ذات الهواء البارد وغيرها من الأفران ولم تضع توصيات جديدة ولكنها اعتبرت أن التوصيات السابقة فى المؤتمر الأول تعتبر كافية ومقبولة . وقد قام هذا المؤتمر بتحديد الحدود المسموح بها لنسب الأتربة والحصى المقنوفين مع غازات الأفران ، سواء فرن الدست أو غيره من الأفران المنتشرة فى بريطانيا أو فى غيرها من الدول .

### قياس معدلات المقنوفات من فرن الدست

#### Measurement of Emission

إن الحدود الموضوعة لمقنوفات أفران الدست التى يصل معدل صهرها حتى ١٠ طن/ ساعة تنفذ بصورة خاصة على الأتربة والحصى المقنوف . أما الأفران التى تطلق فى أثناء تشغيلها غبارا ميتالورجيا فيلزمها تقنية خاصة ضرورية لقياس معدل إشعاع هذه الأغبرة Fumes ؛ وهذا يمكن إجراؤه باستخدام جهاز أخذ العينات لتحديد الحجم Size Selecting Sampler والذي يتخلص من الأتربة والحصى الموجود فى عينة تيار الهواء المختبر . أما الدقائق الأصغر من القراب ( وقد تم الاتفاق على تسميتها بدقائق Particles ) التى يكون مقاسها أقل من ميكرون واحد ( $1M_m$ ) ، والتى يمكن أن تمر من خلال السيكلون Cyclon فإنه من الممكن أن تحتجز خلال فلتر ذات مقاس اختياري ، ثم يستخدم وزن المقنوفات التى تم احتجازها فى السيكلون فى تحديد معدل القذف the Emission Rate . وبالنسبة لأفران الدست الكبيرة ( معدل صهرها يزيد عن ١٠ طن / ساعة ) فقد تم إصدار توصية بضرورة إضافة وزن الغبار الميتالورجى الذى يتم اصطياده بواسطة فلتر التجميع الاختياري Backing Filter إلى وزن الغبار الذى تم اصطياده عن طريق السيكلون عند حساب معدل القذف Emission Rate وذلك لمعرفة كمية الغبار الممكنة والتى تسبب إقلاق للراحة ( إزعاج ) فى مثل هذه النوعية من الأفران .

## التحكم فى مقنوفات فرن الدست Control of Emission

بالنسبة لأفران الدست الصغيرة ( التى يقل معدل صهرها عن ٣ - ٤ طن / ساعة )  
 تم وضع الحدود المقترحة بصورة تسمح باستعمال السحب الطبيعى البسيط Simple Natural Draught مع الفلتر الرطب Wet Arrester . حتى فى حالة أفران الدست الأصغر حجماً أصبح جهاز التنقية بالطريقة الرطبة ضرورة حتمية . انظر الجدول رقم (٢١) ، (٢٢) .

جداول حدود المقنوفات المسموحة والموصى بها  
 جدول (٢١) أفران الدست الحالية

نوع أجهزة التنقية المناسبة	المقنوفات المسموحة من الحصى والتراب والغبار	المقنوفات المسموحة من الحصى والتراب رطل / ساعة	معدل الصهر ( طن / ساعة )
Simple wet arrester		٦.٦	١
		١٣.٢	٢
		١٩.٨	٣
		٢٦.٤	٤
Multi - cyclones or medium intensity scrubbers		١٧.١	٤+
		١٨.٠	٥
		١٨.٩	٦
		١٩.٦	٧
		٢٠.٣	٨
		٢٠.٩	٩
		٢١.٥	١٠
High intensity scrubber or fabric filter or electro static precipitator	٢٢.١		١١
	٢٢.٦		١٢
	٢٣.١		١٣
	٢٣.٦		١٤

للأفران الأكبر من ١٤ طن / ساعة يضاف ٠.٥ رطل / ساعة لكل طن / ساعة زيادة فى معدل الصهر



جداول حدود المقنوفات المسموحة والموصى بها  
جدول (٢٢) أفران الدست الحديثة

نوع أجهزة التنقية المناسبة	المقنوفات المسموحة من الحصى والتراب والغبار	المقنوفات المسموحة من الحصى والتراب رطل / ساعة	معدل الصهر ( طن / ساعة )
Simple wet arrester		١٩.٨ ١٥.٧	٣ ٣ + تعديل طريقة العمل
Multi cyclones or medium intensity scrubbers		١٧.١ ١٨.٠ ١٨.٩ ١٩.٦ ٢٠.٣ ٢٠.٩ ٢١.٥	٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠
High intensity scrubber or fabric filter or electro static precipitator	٢٢.١ ٢٢.٦ ٢٣.١ ٢٣.٦		١١ ١٢ ١٣ ١٤

للأفران الأكبر من ١٤ طن / ساعة يضاف ٠.٥ رطل / ساعة لكل طن / ساعة زيادة في معدل الصهر

بالنسبة لأفران الدست متوسطة الحجم ( معدل الصهر من ٣ - ٤ طن / ساعة حتى ١٠ طن / ساعة ) يكون مطلوب تزويدها بأنظمة تجميع مروحية Fan Powered Collector Systems . وهذه الأنظمة ذات كفاءة متوسطة ، حيث إنه ليس من المطلوب تجميع الغبار الميتالورجي Fume ؛ ويكون من المناسب تركيب عدة سيكلونات Multicyclones أو أجهزة غسيل الغازات متوسطة التركيز Medium-Intensity Scrubbers . واستخدام المروحة Fan يؤدي إلى زيادة كفاءة التجميع ، وينعكس هذا بالطبع على الطريقة المستخدمة تبعاً لمعدل المقنوفات المسموح به ( يفترض أن تغيير الأسلوب أو طريقة المعالجة يجب أن تتم عند

٤ طن / ساعة بالنسبة للأفران الحالية وعند ٣ طن / ساعة بالنسبة للأفران الحديثة وذلك بناء على الوضع المقبول فى الصناعة ) .

أما بالنسبة للأفران التى يزيد معدل صهرها عن ١٠ طن / ساعة فيجب أن يكون معدل الإشعاع لها يساوى أو قريب من المعدل غير المرئى At Invisible Rate . ولتنفيذ ذلك فيجب أن تستخدم المجمعات ذات الكفاءة العالية ، مثال ذلك أجهزة غسيل الغازات عالية الشدة High Intensity Scrubbers والفلاتر الصناعية Fabric Filters أو المرسبات الألكتروستاتيكية Electrostatic Precipitators ، حيث إنها تناسب هذه الظروف . ومن المحتمل أن يكون هناك بعض الاستثناءات خاصة بالأفران الكبيرة ومتوسطة الحجم التى تعمل لفترات محدودة ولكن هذا الموضوع مازال محل بحث ودراسة .

### **تطبيق الحدود المسموح بها على الأفران الحالية والحديثة** **Application of Limits to New & Existing Cupolas**

تم الاتفاق بناء على التشريعات المعمول بها فى بريطانيا على السماح بتركيب وحدات تنقية غازات الأفران ذات الكفاءة المتوسطة والكفاءة العالية فى مدة لاتزيد عن ثمانى سنوات . أما بالنسبة لوحدات تنقية الغازات التى تعمل بالطريقة الرطبة والسحب الطبيعى فيجب تركيبها فى فترة لاتزيد عن ثلاث سنوات .

### **تحديد معدل الصهر Definition of Melting Rate**

ويهدف وضع التشريعات المنظمة فى هذا المجال فمن المحتمل أن يتم تحديد معدل الصهر بناء على قياس القطر الداخلى للفرن عند منطقة الودنات . وحيث إن هذه الطريقة لاتعطى معدل الصهر الدقيق ، فيتم تحديده بمعرفة الشحنة وذلك للمساعدة فى إخراج التشريعات الجديدة بصورة جيدة ومناسبة للتطبيق وقد تمت التوصية باستعمال هذه المعادلة : معدل الصهر ( طن / ساعة ) = ٠.٦ × مساحة مقطع الفرن عند الودنات ( قدم ٢ ) .

### **ارتفاع المدخنة Discharge Height**

لم تتم التوصية بارتفاعات محددة لداخل الفرن ، لكن من المفترض ان ارتفاع المداخل يجب ألا يقل عن ٦٥ قدما كما هو موصى به بالنسبة لأفران الدست ذات الهواء

البارد .

## الأبخنة المنبعثة Smoke Emission

لم تكن هناك توصية محددة بخصوص الأبخنة المنبعثة من أفران الدست والتي تنتج عن احتراق الخردة الملوثة Dirty Scrap . أما بالنسبة لفرن الدست ذات الهواء البارد فتم التوصية في حالة ما إذا كان ذلك ممكناً بوجوب احتراق الدخان قبل خروجه من مدخنة الفرن حتى ولو كان من الضروري تركيب ولاعات في مكان لاحق After Burner .

## الامتثال للتوصيات Compliance with Requirements

أولاً : بالنسبة لأفران الدست ذات الهواء البارد ( الأبخنة Smoke )

قد تحترق غازات الفرن فوراً بمجرد اختلاطها مع الهواء الداخل للمدخنة عن طريق باب شحن الخامات ، إما إذا لم تحترق فعادةً ما يتم الاحتراق بمساعدة ولاعات فوق سطح الشحنة Afterburners موضوعة لهذا الغرض . وعموماً فإنه كلما زادت نسبة الكوك في الشحنة وكلما صفرت المسافة بين الودنات وبين مستوى العتبة السفلية لشباك الشحن كلما زاد احتمال إمكانية احتراق غازات المدخنة .

والشكل رقم (١٠٦) يوضح رسماً لإحدى الولاعات البسيطة الموضوعة في المكان المناسب والتي تعمل بالمازوت أو الغاز . وأقل معدل استهلاك محتمل بالنسبة لولاعات الأفران ذات الحجم الصغير والمتوسط يكون في حدود ١٨-٣٢ لتر / ساعة ( ٤ - ٧ جالون / ساعة ) بالنسبة لوقود المازوت أو مايكافنها من الغاز .

بالنسبة لشحنات الأفران التي تحتوي على نسبة منخفضة من الفحم ( أقل من ١١٪ ) ينتج عنها غازات ضعيفة الاحتراق Weak Gases أو تحت حدود الاحتراق Below the Limits of Combustion ، وفي هذه الحالة غير العادية يكون من الصعب حدوث اشتعال لغازات الفرن أو يكاد يكون من المستحيل حدوثه في أفران الدست العادية . أما شحنة الفرن التي تحتوي على ١١ - ١٤٪ فحم كوك فقد يحدث اشتعال تلقائي لغازات الفرن Spontaneous . وإذا لم يحدث اشتعال فعادةً ما يمكن إحداثه عن طريق استخدام الولاعات . أما شحنة الفرن التي تحتوي على كوك بنسبة تزيد عن ١٤٪ فعادةً ما يحدث اشتعال ذاتي ( تلقائي ) ، وإذا لم يحدث اشتعال فيمكن لولاعة صغيرة أن تحافظ على



موضع الولاة العلوية ( فوق سطح الشحنة )

بالنسبة لفتحة الشحن .

١ - هواء

٢ - مدخنة فرن الدست

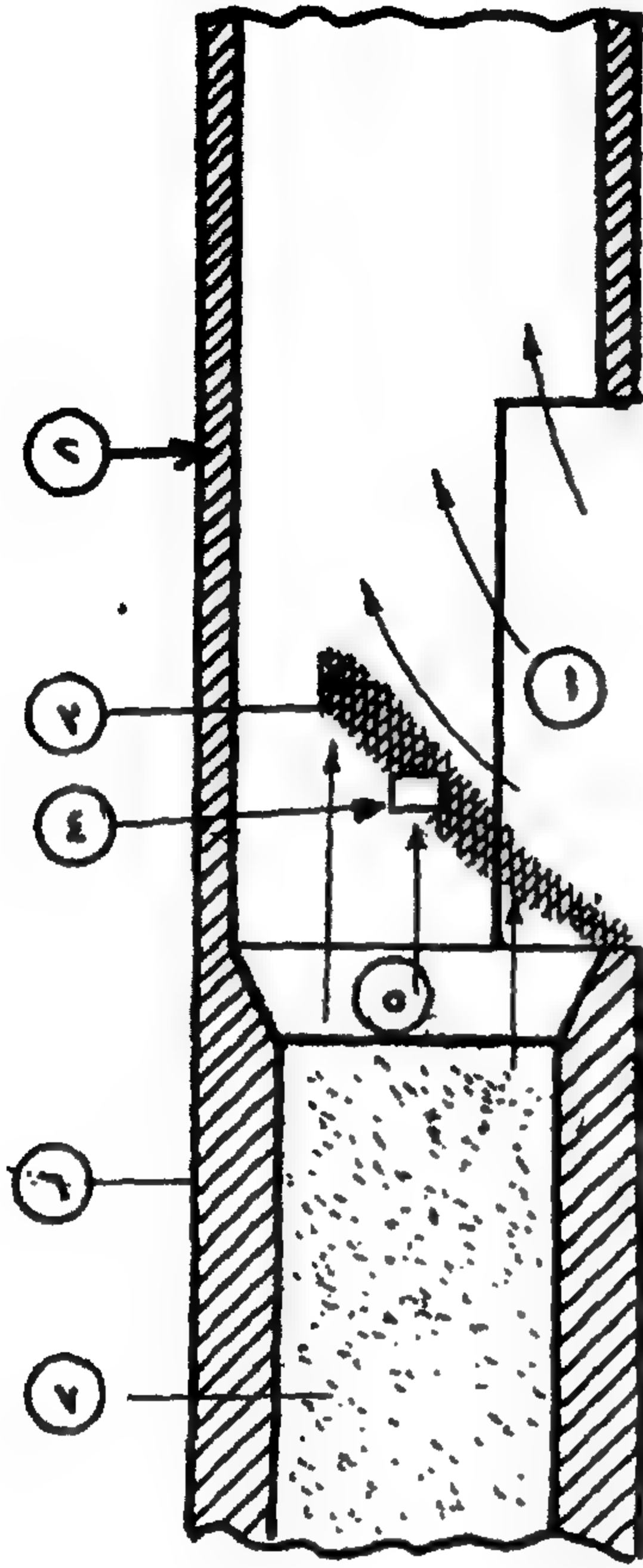
٣ - السطح الفاصل بين الهواء وبين غازات الفرن

٤ - موضع الولاة

٥ - غازات الفرن

٦ - اسطوانة الفرن

٧ - شحنة الفرن



شكل (١٠٦) موضع الولاة العلوية (فوق سطح الشحنة) بالنسبة لفتحة الشحن .

عملية الاحتراق بسهولة ويسر ( انظر الجدول رقم ٢٣ ) .

جدول (٢٣) علاقة شحنة الكوك بدرجة اشتعال الغازات الخارجة من الفرن

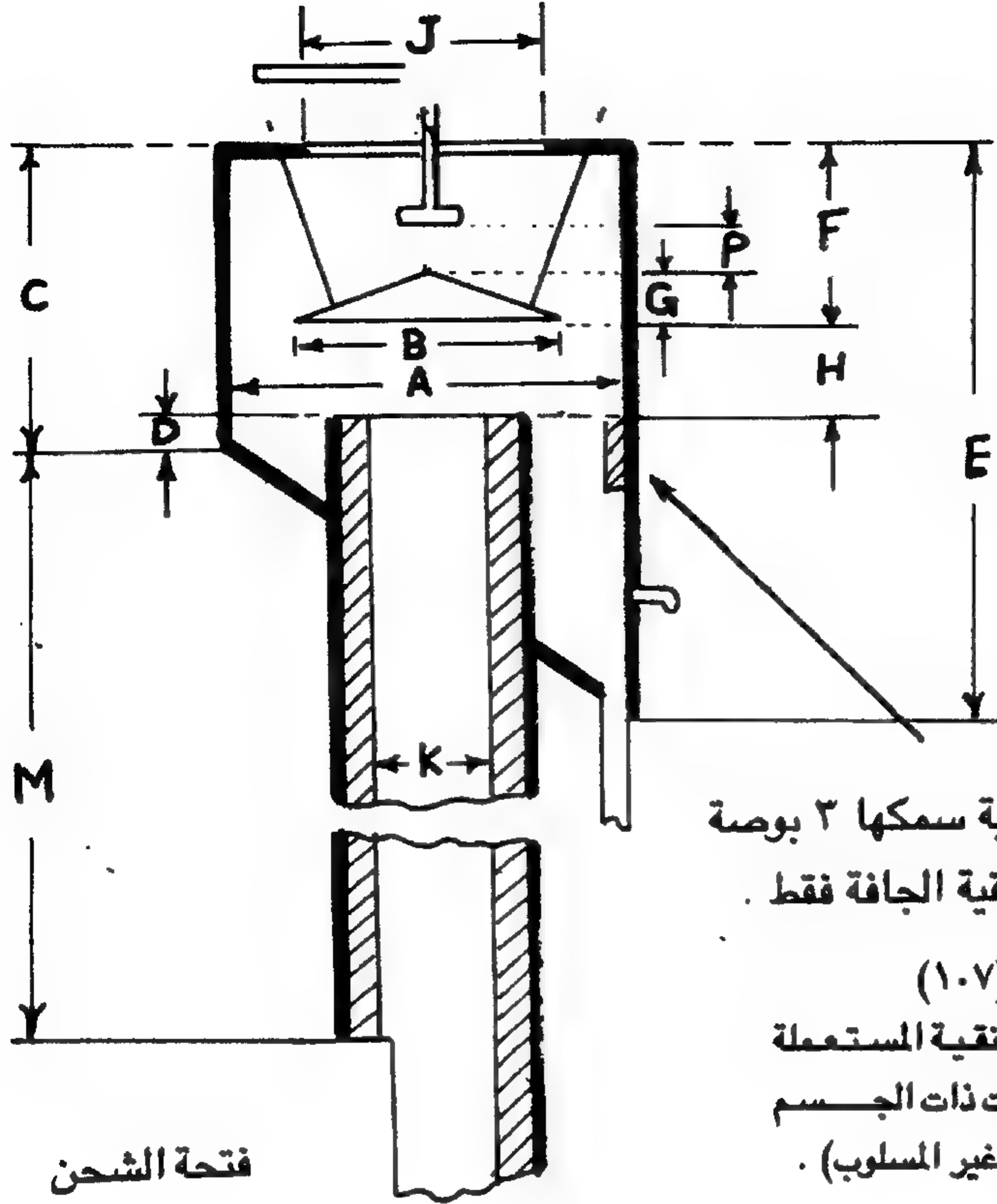
شحنة الكوك ( المعدن : الكوك )			الاشتعال التلقائي فوق فتحة الشحن قدرة الولاة على البقاء فى حالة اشتعال
فوق ١٤٪ ١ : ٧	من ١١ إلى ١٤٪ ١:٧ - ١:٩	تحت ١١٪ ١ : ٩	
يحدث دائماً مشتعلة دائماً	يحدث أحياناً عادة ما تشتعل	لا يحدث صعبة	

إن أسهل وأرخص طريقة للتخلص من دخان فرن الدست عندما يشتعل لأعلى هي أن تستخدم ولاعة مازوت أو غاز لاشتعال الكوك . فهي تساعد على تكوين نفق Tunnel فى فرشاة الكوك عند باب إشعال فرشاة الفرن Fetting Door وذلك بتجميع الكوك حول ماسورة قطرها ١٥ سم ( ٦ بوصة ) ، ثم يتم سحبها فيما بعد . ويتم توجيه لهب الولاة فى اتجاه النفق . إن عملية الإشعال باستخدام الغاز والمازوت تكون أسرع وعادة أرخص من استعمال الخشب والمواد الكهنة Waste Material .

ثانياً : بالنسبة لأفران الدست ذات الهواء البارد ( الحصى والتراب والغبار )  
Cold-Blast Cupola-Grit, Dust and Fume

إن التوصيات الحالية تنادى باستخدام وحدات تنقية الغازات البسيطة سواء الجافة منها أو الرطبة بهدف تجميع الحصى والتراب من معظم أفران الدست . وإن تصميم وحدات التنقية Arrester Design واحد سواء كانت تعمل بالطريقة الجافة أو المبللة ، فإذا تمت بالطريقة الجافة فيلزمها بطانة حرارية كما هو موضح بالشكلين رقمى ( ١٠٧ ، ١٠٨ ) .

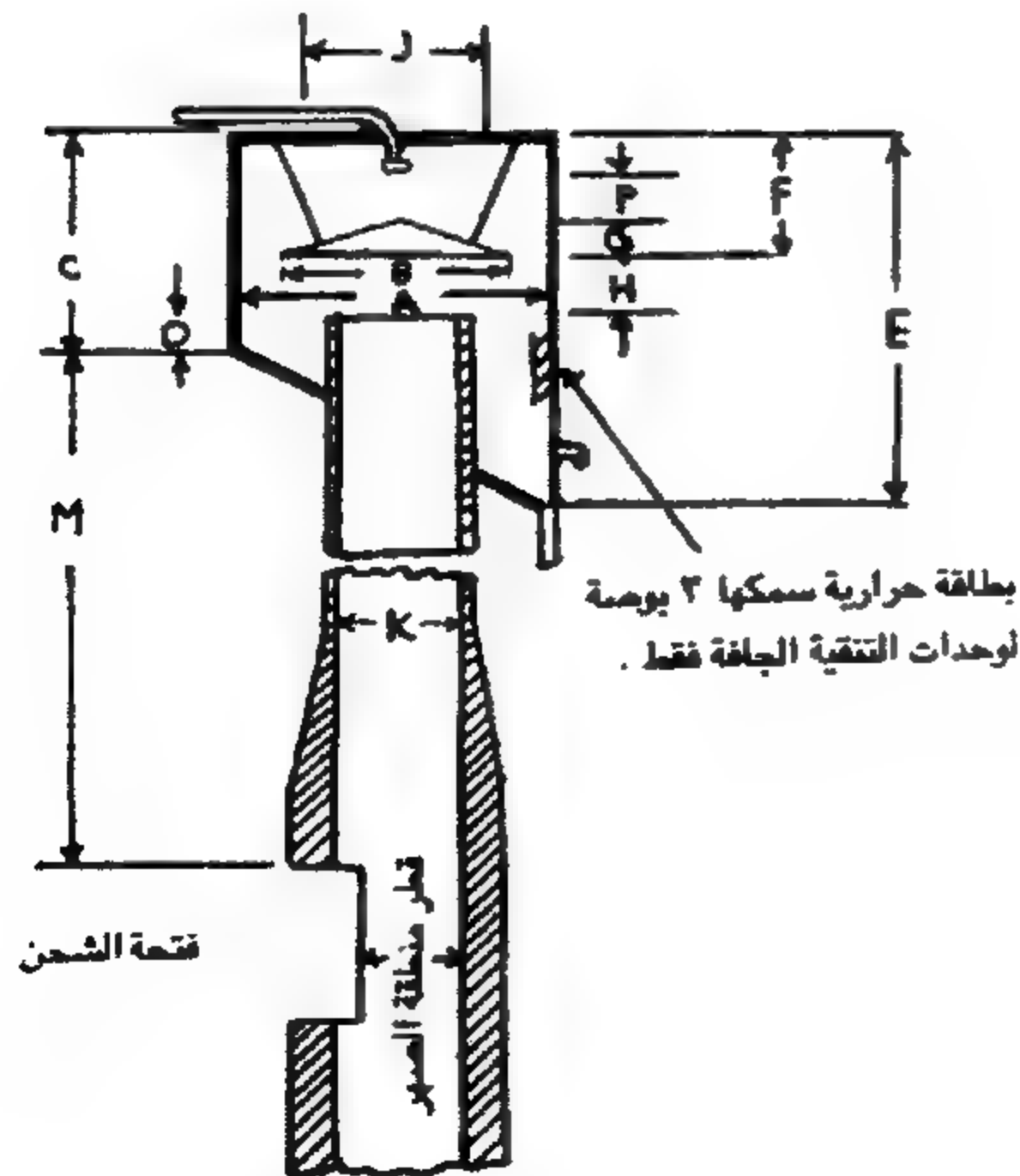
والجدول رقم (٢٤) يوضح المقاسات التفصيلية لوحدات تنقية الهواء ؛ ولكن كوضع عام يجب أن تكون وحدة التنقية ذات حجم كبير Large ( وذلك لتقليل مقاومة مرور غازات الفرن ) ، كما يجب أن تكون سميكة ( لتعطى عمر خدمة معقول ) على أن يتم تثبيتها فوق باب الشحن ( ليمد المدخنة بسحب طبيعى كاف ) .



بطاقة حرارية سمكها ٣ بوصة  
لوحدات التنقية الجافة فقط .

شكل (١٠٧)

ابعاد وحدات التنقية المستعملة  
لأفران الدست ذات الجسم  
الخارجي العدل (غير المسلوب) .



شكل (١٠٨)

ابعاد وحدات التنقية اللازمة لأفران  
الدست ذات الجسم الخارجي المسلوب  
والتي تحتوي على فتحات شحن صغيرة.  
وبالنسبة للقطر K يجب ألا يقل عن  
قطر منطقة الصهر .



جدول (٢٤) أبعاد التصميم الاساسي لجهاز التنقية ( الحاجز او الملأ ) Arresters

معدل تدفق الماء لتر / دقيقة	المقاسات									قطر منطقة الصهر سم	القطر المبطن فوق باب الشحن سم	قطر الصاج سم	قطر القمع B سم		
	E	C	F	D	M	P	G	H	J						
	سم	سم	سم	سم	سم	سم	سم	سم	سم						
١٣٦	٢٠٦	١١٤	٥٣	٢٣	٦١٠	١٨	١٨	٢٨	١٢٢	١٠٧	١٦٠	٦٩	١٦٠	١٠٧	٥٣
١٨٢	٢٢٩	١٣٠	٦١	٢٣	٦١٠	٢٠	٢٠	٤٦	١٣٠	١١٤	١٧٥	٧٦	١٧٥	١١٤	٦١
٢٢٧	٢٥١	١٣٧	٦٩	٢٣	٦١٠	٢٣	٢٣	٤٦	١٤٥	١٢٠	١٩٨	٨٤	١٩٨	١٢٠	٦٩
٢٧٣	٢٦٧	١٤٥	٦٩	٢٣	٦١٠	٢٣	٢٣	٥٣	١٦٠	١٣٧	٢١٣	٩١	٢١٣	١٣٧	٧٦
٣٤١	٢٩٠	١٦٠	٧٦	٢٣	٦١٠	٢٥	٢٥	٦١	١٦٨	١٤٥	٢٢٩	٩٩	٢٢٩	١٤٥	٨٤
٤٠٩	٣٠٥	١٦٨	٧٦	٢٠	٦١٠	٢٥	٢٥	٦١	١٨٢	١٥٢	٢٤٤	١٠٧	٢٤٤	١٥٢	٩١
٥٠٠	٣٣٥	١٨٣	٨٤	٢٠	٦١٠	٢٨	٢٨	٦٩	١٩٨	١٦٨	٢٥٩	١١٤	٢٥٩	١٦٨	٩٩
٥٩١	٣٥٨	١٩٨	٩١	٢٠	٦١٠	٣٠	٣٠	٧٦	٢١٣	١٧٥	٢٧٤	١٢٢	٢٧٤	١٧٥	١٠٧
٦٣٦	٣٦٦	١٩٨	٩١	٢٠	٦٤٠	٣٠	٣٠	٧٦	٢٢٩	١٨٣	٢٩٠	١٣٠	٢٩٠	١٨٣	١٠٧
٧٢٧	٣٨٩	٢١٣	٩٩	٢٠	٧٠٠	٣٣	٣٣	٨٤	٢٤٤	١٩١	٣٠٥	١٣٧	٣٠٥	١٩١	١١٤
٨١٨	٣٩٦	٢١٣	٩٩	٢٠	٧٣٠	٣٣	٣٣	٨٤	٢٥١	١٩٨	٣٢٠	١٤٥	٣٢٠	١٩٨	١٢٢
٩٥٥	٤١٩	٢٢٩	١٠٧	٢٠	٧٦٠	٣٦	٣٦	٩١	٢٦٨	٢٠٦	٣٣٥	١٥٢	٣٣٥	٢٠٦	١٣٠
١٠٠٠	٤٣٤	٢٢٩	١٠٧	٢٠	٧٩٠	٣٦	٣٦	٩١	٢٧٤	٢١٣	٣٥١	١٦٠	٣٥١	٢١٣	١٣٧
١٠٩١	٤٥٧	٢٤٤	١١٤	٢٠	٨٥٠	٣٨	٣٨	٩٩	٢٩٠	٢٢١	٣٦٦	١٦٨	٣٦٦	٢٢١	١٤٥
١١٨٢	٤٨٠	٢٥١	١١٤	٢٠	٩١٥	٣٨	٣٨	١٠٧	٣٢٠	٢٣٦	٣٩٦	١٨٣	٣٩٦	٢٣٦	١٥٢

ويمكن لوحدة التنقية التي تعمل بالطريقة الرطبة Wet Arrester أن تقوم بجمع حوالى نصف المواد الصلبة الموجودة فى غازات الفرن أو يزيد وحوالى ٠.٢ - ٠.٥ كمية غاز ثانى أكسيد الكبريت Sulphur Dioxide . أما بالنسبة لوحدة التنقية الجافة فإن كفاءتها أقل ولايمكنها إزالة أياً من ثانى أكسيد الكبريت .

وعلى وجه الاستثناء فقد تُطلب وحدات تجميع أكثر كفاءة وهذه تحتاج إلى وحدات تجميع مروحية متغيرة تعمل بالطاقة الكهربائية ، أما وحدات التجميع متوسطة الكفاءة مثل السيكلونات فيمكنها أن تزيل معظم الأجسام الصلبة ، ولكنها لاتستطيع تخفيض عتامة الغازات Gases Opacity . ولجعل الغازات الخارجة غير مرئية تقريباً فلا بد من استعمال وحدة تجميع قادرة على تنظيف Cleaning الغازات لأقل من ١١٥ مللى جرام / متر مكعب (0.05 grain/ft<sup>3</sup>) . وتستخدم وحدات قليلة من هذا النوع فى أفران الدست ذات الهواء البارد فى بريطانيا .

وقبل أن يتم تنقية الغازات بأى طريقة خلاف طريقة التجميع الرطبة أو الجافة فيجب أولاً أن يتم تجميعها فى ماسورة رئيسية Duct ؛ وإذا استبعدنا أفران الدست المغلقة من أعلى فإن هناك فرصة للاختيار بين سحب الغازات من فوق باب الشحن وبين سحبها من خلال مأخذ off-takes أسفل مستوى باب الشحن ( شحنة الفرن ) .

### **سحب غازات الفرن من فوق باب الشحن**

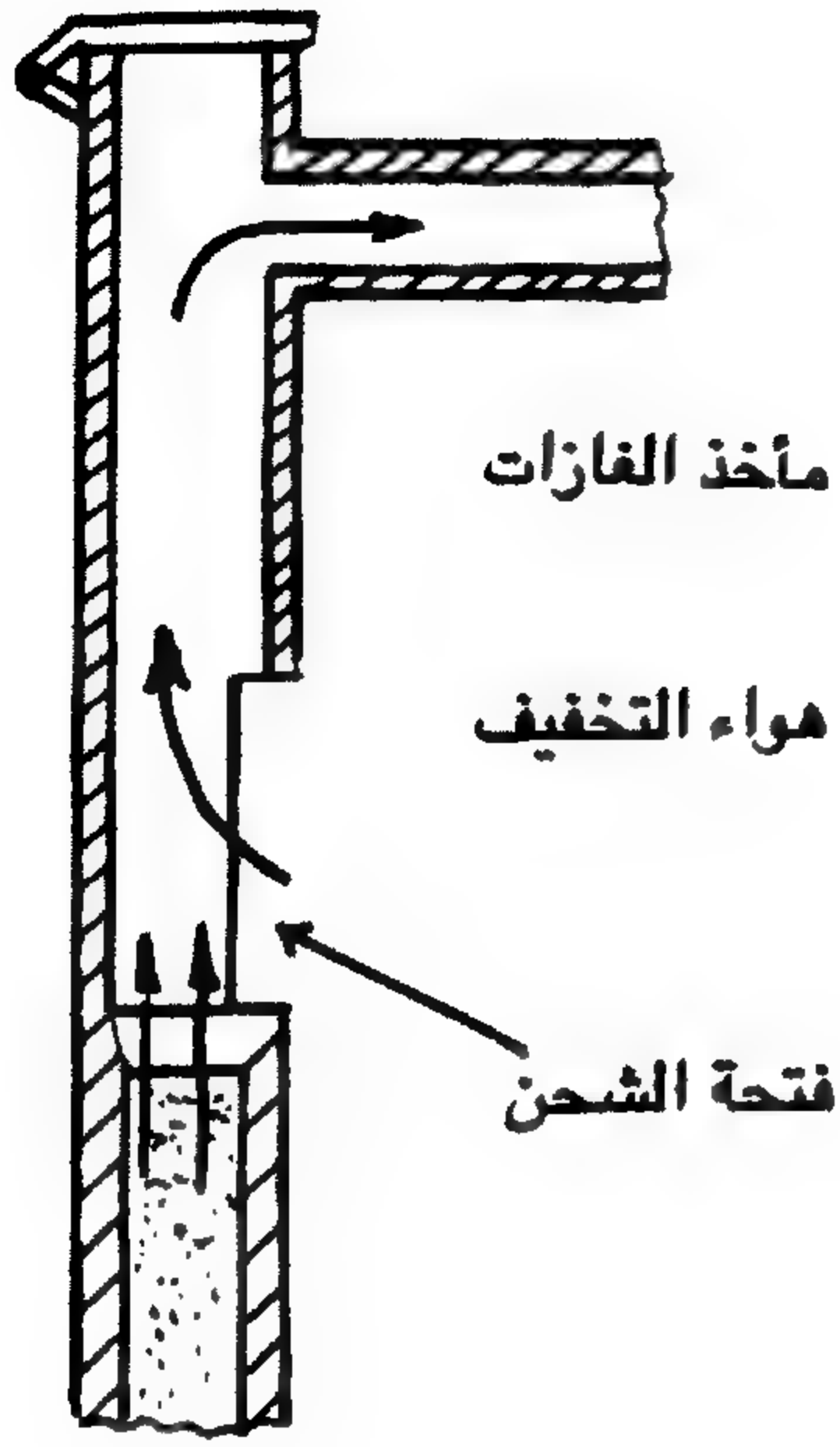
#### **Above-Charge-Hole Off Take**

فى هذه الطريقة يسمح باحتراق الغازات فى مخنة الفرن ، لكنها تؤدي إلى زيادة كمية الغازات الواجب تنقيتها ؛ والشكل رقم (١٠٩) يبين رسم توضيحى لهذه الطريقة .

### **سحب الغازات من أسفل باب الشحن**

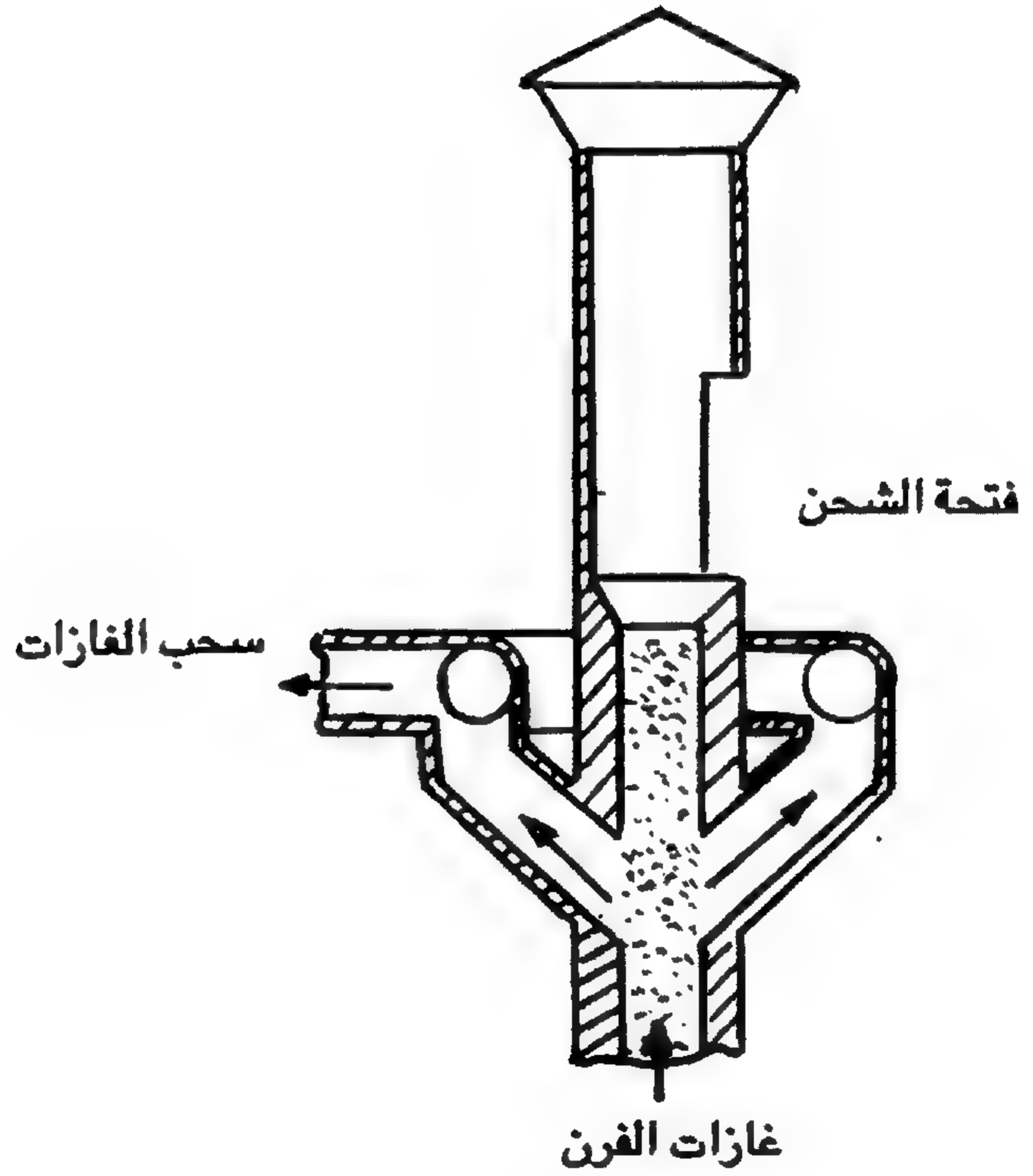
#### **Below-Charge-Hole Off Take**

وهذه الطريقة تسيطر على غازات الفرن تماماً ، لكنها تؤدي إلى تقليل حجم وحدة التجميع ، وقد يؤدي هذا إلى تحديد فرصة اختيار وحدة النظافة The Cleaner والشكل رقم (١١٠) يوضح رسماً لهذا النوع .



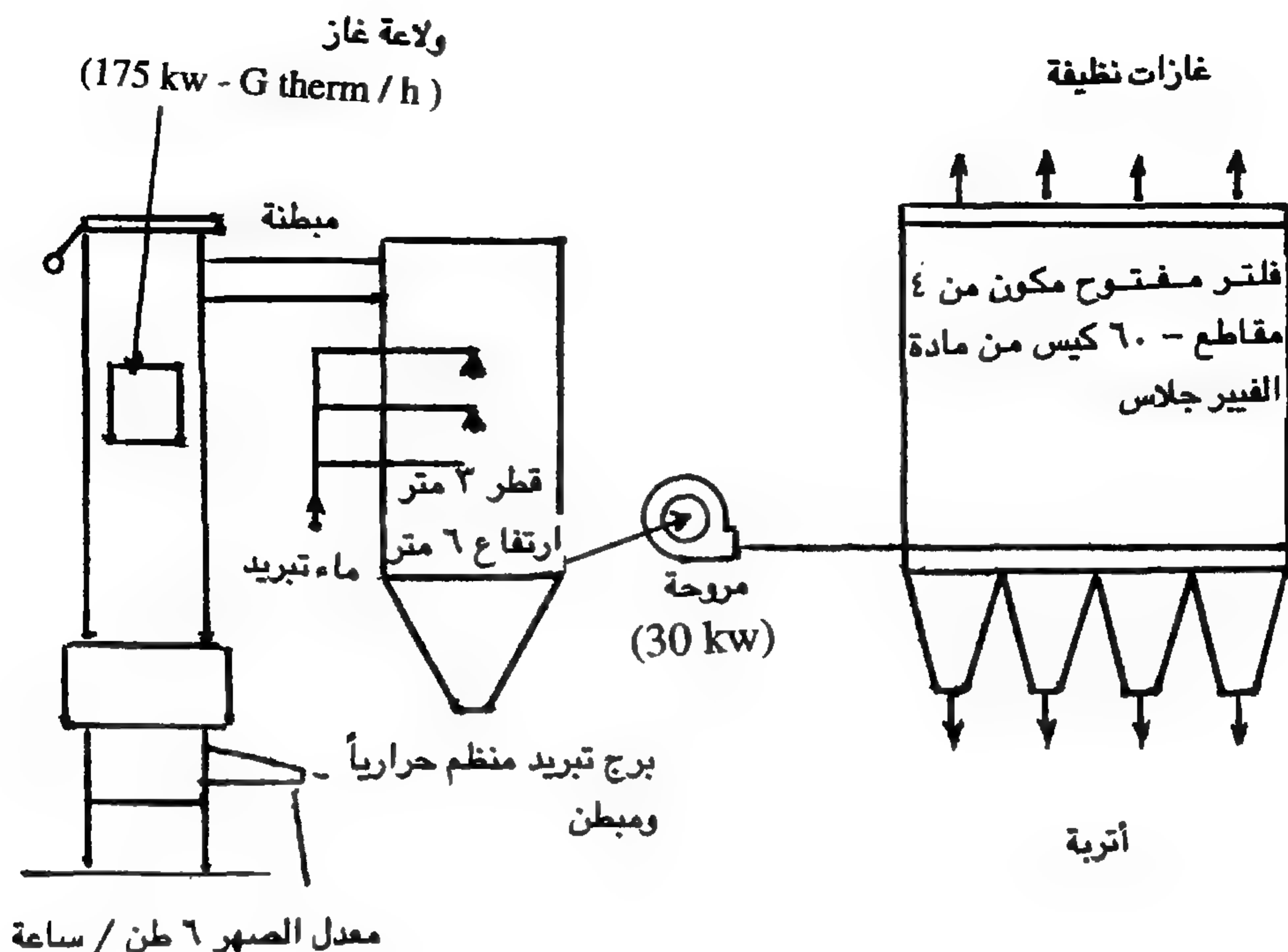
غازات الفرن

شكل (١٠٩)  
طريقة سحب الغازات (موضع  
مأخذ الغازات) أعلى فتحة  
الشحن .



شكل (١١٠)  
طريقة سحب الغازات من  
أسفل فتحة الشحن .





شكل (١١١) وحدة تنقية مثالية لغازات فرن دست باستخدام الفلاتر bag filter .

## الفلاتر المصنعة Fabric Filters

انتشر استعمال هذا النوع من الفلاتر لأفران الدست انتشاراً واسعاً في الولايات المتحدة الأمريكية ، ويتم تبريد الغازات عادة عن طريق تبخير المياه حتى درجة حرارة ٢٥٠°م Controlled Evaporation of Water ثم دفعها خلال فلتر مصنع من الفيبيرجلاس . والشكل رقم (١١١) يوضح هذا النوع من الوحدات . ويجب أن تكون الغازات خالية من الدخان Smoke وأبخرة الزيوت Oily Vapours ، ومن ناحية أخرى فإنه يحدث انسداد Blinding لأجزاء الفلتر . ولهذا يجب إشعال الغازات قبل دخولها الفلتر ، وحيث إن الوحدة تكون تحت تأثير ضغط سالب Negative Pressure فإن هذا الأمر يصبح ممكناً .

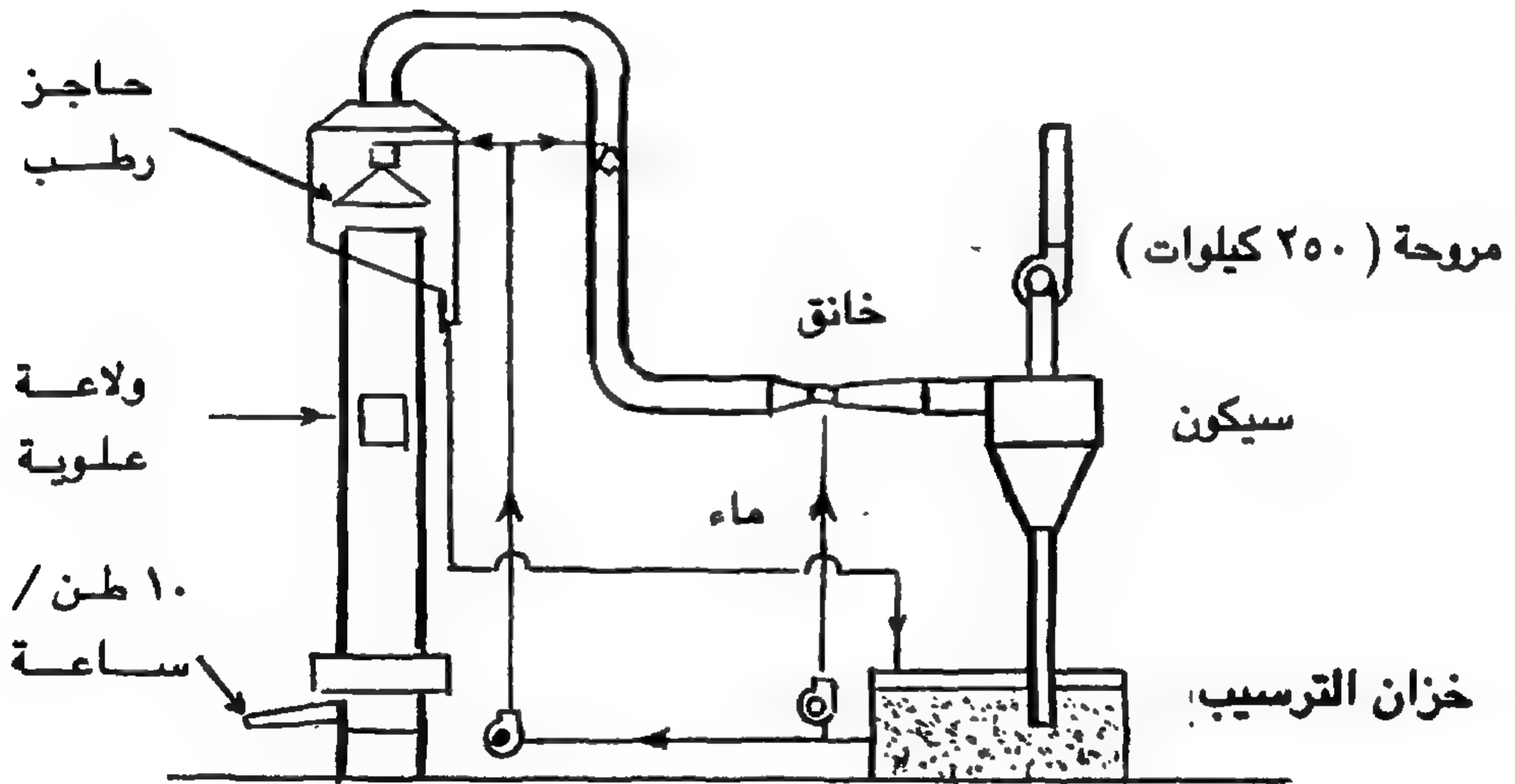


## أجهزة غسيل الغازات ذات الطاقة العالية

### High Energy Scrubbers

تعتبر أجهزة غسيل الغازات هي أوسع شكل من أشكال وحدات التنقية Collector بالنسبة لأفران الدست ، وأحد أنواع هذه الأجهزة هي أجهزة الغسيل الفنشورية Venturi Scrubber ، وهذا النوع هو الأكثر انتشاراً ، لكن النوع الآخر ذات المفتت Disintegrator يحمل بعض المزايا العملية . ويتم تبريد غازات الفرن باستخدام مياه إضافية مع سحبها من خلال أنبوبة فنشورية Venturi Tube إلى حيث يتم تبريدها مرة أخرى باستخدام رذاذ المياه . والشكل رقم (١١٣) يوضح رسماً توضيحياً لهذا النوع من أجهزة غسيل الغازات .

أما بالنسبة للأتربة المبللة فيتم تجميعها في سيكلون أو وحدة تجميع بسيطة أخرى . وحيث إن هذه الوحدة مبسطة لدرجة تستحق التقدير فلذلك فهي تتطلب أعلى معدل دخول ، وينتج عن ذلك مشكلة تلوث للمياه والتي قد تكون مكلفة بعض الشيء عند حلها .

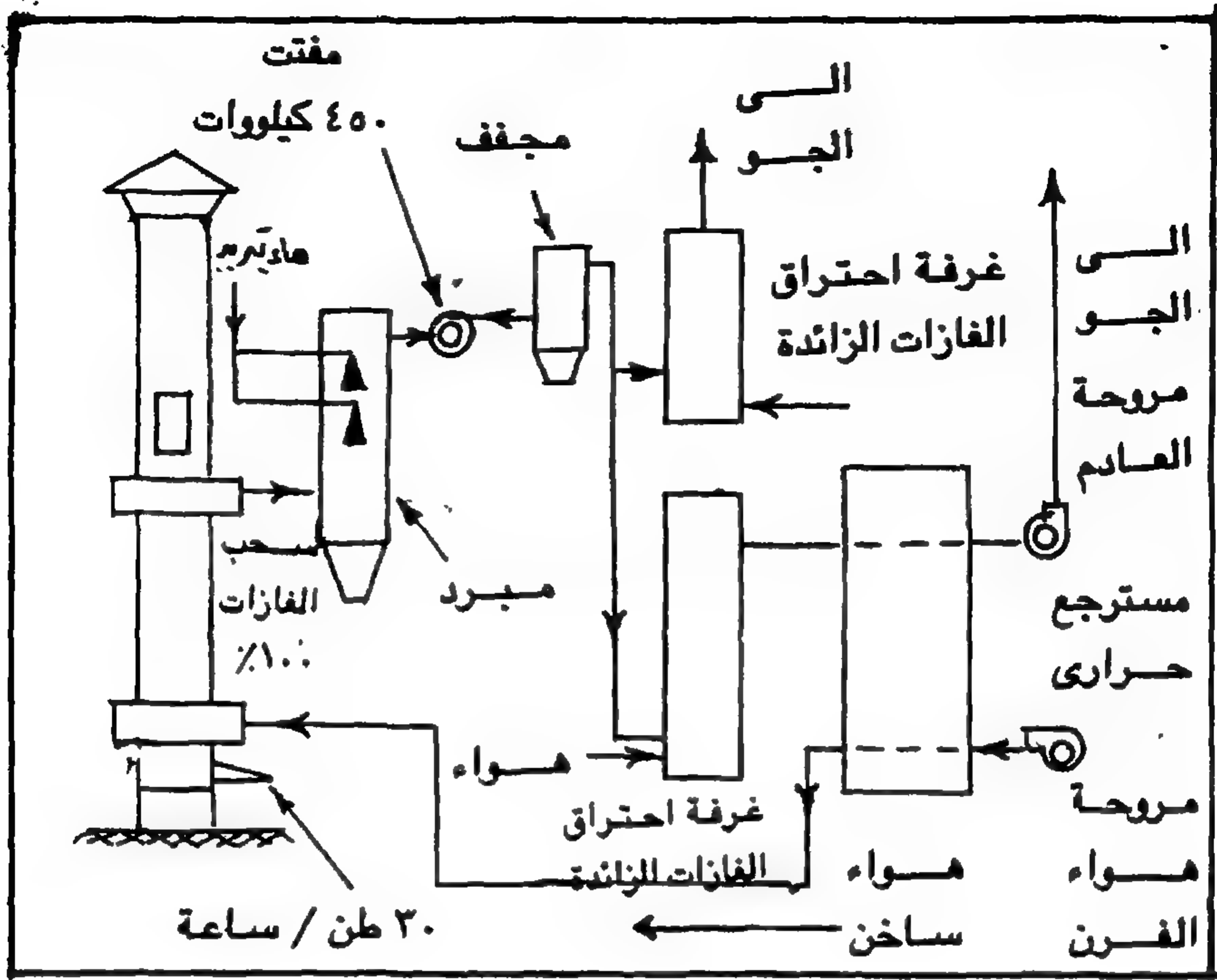


شكل (١١٣) وحدة تنقية لغازات فرن دست  
يعمل بالهواء البارد بالنظام الخائق .



## أفران الدست ذات الهواء الساخن Hot Blast Cupola

بالنسبة لأفران الدست ذات الهواء الساخن والتي يتم تركيبها في وقتنا الحاضر ، يجب أن يتم تزويدها بوحدة تنقية كاملة لغبار الفرن ، لكي تعطى غازات نظيفة تحتوى على أتربة بنسبة لاتزيد عن ١١٥ مللى جرام / متر مكعب فى الظروف القياسية لدرجة الحرارة والضغط S.T.P ( ١٥ م ، ضغط بار واحد - ٦٠ ف ، ٣٠ بوصة زئبق ) . ويجب أن تخضع الغازات الخارجة من الأفران لهذه الشروط . وهذه الحالة تتطلب استخدام الفلاتر المصنعة وأجهزة الترسيب الألكتروستاتيكية أو أجهزة الغسيل عالية الكفاءة . وفى حالة استخدام سخان هواء منفصل فإن تخطيط وحدة التنظيف سيكون هو نفس التخطيط لأفران الدست ذات الهواء البارد . أما فى حالة وحدة الاسترجاع Recuperative Unite فإن جميع الغازات سيتم سحبها من أسفل مستوى فتحة الشحن ، وإذا كان من الضرورى تنظيف الغازات قبل دخولها إلى المسترجع فإن فرصة اختيار وحدة التنظيف سوف تصبح محدودة الكفاءة فى بعض الوحدات التى تستخدم الطريقة الرطبة للتجميع Wet Collector أما المفتتات Disintegrators فقد أصبح استعمالها متزايداً بسبب أن كفاءتها لاتتأثر بأى تغيير فى تيار الغازات بسبب التغيير فى ظروف التشغيل ، بالإضافة إلى أنه مبسط فإنه قوى ويحتاج إلى صيانة قليلة . والشكل رقم (١١٤) يوضح رسماً توضيحياً للمفتت .



شكل (١١٤) وحدة تنقية غازات فرن بست ٢٠ طن / ساعة  
يعمل بالهواء الساخن باستخدام مفتت .

## الباب الرابع عشر

### تحديد مواصفات فرن الدست

### Specification of Cupola Plant

إن اقتصاديات عملية الصهر فى مسابك الحديد الزهر تتأثر بعدد كبير من العوامل المعقدة . ومن الصعب وضع أسلوب عام لعملية اختيار وحدة معينة للصهر ، وهذا يمكن عمله من خلال ظروف العمل الفنية الدقيقة وعمليات التقييم الاقتصادى إلى جانب دراسة المتطلبات التى تتعلق بكل مسبك على حدة . والعوامل الرئيسية التى يجب أن توضع فى الاعتبار عند تقييم وحدات الصهر هى على النحو التالى :

#### المتطلبات الأساسية Basic Requirements

١- نوعية المعدن Metal Grade

٢- الحدود القصوى والدنيا لكمية المعدن المطلوبة

Maximum & Minimum Metal Demand

٣- طريقة البزل ( متواصلة - متقطعة )

Type of Demand-Intermittent or Continuous

٤- أحجام البواتق وطريقة استعمالها Ladle Sizes and Usage

٥- درجات حرارة كلاً من البزل والصب Tapping & Pouring Temperature

٦- زمن توافر المعدن المنصهر - وريدية واحدة - وريدتان

Period Metal Required-Single Shift or Double Shift

اعتبارات أخرى منها :

١- مدى توافر الخامات وأسعارها Availability and Cast of Material

٢- معالجة المعدن Metal Treatments

٣- اعتبارات الجودة Quality Considerations

Space Availability

٤- الفضاء المتاح من الأرض

Fuel Availability and Cost

٥- الوقود المتاح وسعره

- Coke

- كوك

- Electricity Supply and Tarif

- المصدر الكهربى وقائمة أسعار التيار

- Oil

- المازوت

- Gas

- الغاز الطبيعى

Clean Air Requirements

٦- متطلبات تنقية غازات الفرن

Maintenance Requirements

٧- متطلبات الصيانة

### تصميم فرن الدست Cupola Design

إذا تم تحديد فرن الدست ذات الهواء البارد على اعتبار أنه أفضل وحدة صهر مناسبة طبقاً للعوامل السابقة التى تم تحديدها فيكون من الممكن توصيف فرن الدست أو تقييم مواصفات المصنع بالطريقة التالية مستخدماً معطيات التصميم الموصى به المعطاة فى جدول رقم (٢٥) .

#### ١ - حساب معدل الصهر Establishing Melting Rate

يجب أن يكون فرن الدست قادراً على الصهر بمعدل أكبر نسبياً من المعدل المتوسط المطلوب للمعدن المنصهر داخل المسبك ، وذلك لتعويض فترات التوقف لمروحة الهواء -Off Blast ، وفترات التجليخ De-Slagging ولقابلة الطلب المتغير للمسبك على المعدن المنصهر . ويجب أن يتم توصيف معدل الصهر على أن يكون أكبر من معدل الصهر المطلوب بنسبة ١٠٪ على الأقل .

#### ٢ - تحديد نسبة فحم الكوك فى شحنة الفرن

Decide on Metal : Coke Ratio

يمكن القول بوجه عام أنه يجب زيادة كمية الكوك إذا كان مطلوباً زيادة درجة حرارة المعدن عند فتحة البزل ، وأيضاً عند زيادة نسبة خردة الصلب فى الشحنة ، وأيضاً فى حالة الحاجة إلى اكتساب كربون Carbon Pickup وفى حالة الشك فلا بد من الأخذ بالنسبة



جدول (٢٥) البيانات التصميمية لأفران اللاست .

٩	٨	٧	٦	٥		٤	٣	٢	١
الوزن التقريبي للفرشة كجم / سم ارتفاع	عدد اللبونات	المساحة الإجمالية لللبونات سم <sup>٢</sup>	السعة المعدنية كجم/سم ارتفاع	قدرة مروحة الهواء الموصى بها		قطر منطقة الصهر سم	مساحة مقطع منطقة الصهر م <sup>٢</sup>	معدلات الهواء الموصى بها متر <sup>٣</sup> /بقيقة عند ١٥ م/تسشط ١٠١ كيلو باوند على وحدة المساحة	معدل الصهر عند استخدام كوك بنسب مختلفة وظروف تشغيل مستقرة طن / ساعة
				الحجم م <sup>٣</sup> /بقيقة	الضغط كيلو باوند على وحدة المساحة				
٠,٧	٤	٤٢٠ - ٢٢٥	٦,٠	٢٢,٧	١٠,٠	٤٦	٠,١٦٤	١٨,٨	١,٦
١,٠	٤	٥٥٠ - ٣٢٥	٨,٠	٣٠,٦	١٠,٢	٥٣	٠,٢٢٣	٢٥,٥	٢,٢
١,٣	٤	٧٤٠ - ٤٢٠	١٠,٥	٤٠,٢	١٠,٥	٦١	٠,٢٩٢	٣٣,٤	٢,٩
١,٧	٤	٩٣٥ - ٥١٥	١٣,٣	٥١,٠	١٠,٧	٦٩	٠,٣٧٠	٤٢,٣	٣,٧
٢,٠	٤	١١٣٠ - ٦٤٥	١٦,٣	٦٢,٣	١١,٠	٧٦	٠,٤٥٦	٥٢,١	٤,٥
٢,٥	٦	١٣٩٠ - ٧٧٥	١٩,٨	٧٥,٩	١١,٢	٨٤	٠,٥٥٢	٦٣,٢	٥,٥
٢,٩	٦	١٦٤٥ - ٩٣٥	٢٣,٣	٩٠,٠	١١,٥	٩١	٠,٦٥٧	٧٥,٠	٦,٦
٣,٥	٦	١٩٣٥ - ١١٠٠	٢٧,٥	١٠٦,٠	١١,٧	٩٩	٠,٧٨١	٨٨,١	٧,٧
٤,٠	٦	٢٢٢٥ - ١٢٩٠	٣١,٧	١٢٣	١٢,٠	١٠٧	٠,٨٩٦	١٠٢,٥	٩,٠
٤,٦	٨	٢٥٠٠ - ١٤٥٠	٣٦,٧	١٤١	١٢,٢	١١٤	١,٠٢٦	١١٧,٢	١٠,٣
٥,٢	٨	٢٩٠٠ - ١٦٨٠	٤١,٧	١٦٠	١٢,٧	١٢٢	١,١٦٨	١٣٣,٧	١١,٧
٥,٩	٨	٣٢٩٠ - ١٨٧٠	٤٦,٧	١٨٠	١٣,٠	١٣٠	١,٣١٨	١٥٠,٠	١٣,٢
٦,٦	٨	٣٦٨٠ - ٢١٠٠	٥٣,٣	٢٠٢	١٣,٢	١٣٧	١,٤٧٨	١٦٨,٥	١٤,٨
٧,٤	٨	٤١٠٠ - ٢٣٥٠	٥٨,٣	٢٢٦	١٣,٧	١٤٥	١,٦٤٦	١٨٨,٣	١٦,٥
٨,٢	٨	٤٥٥٠ - ٢٦١٠	٦٥,٠	٢٥١	١٤,٢	١٥٢	١,٨٧١	٢٠٨,٤	١٨,٣
١٠,٠	١٠	٥٠٣٠ - ٢٨٧٠	٧٨,٣	٣٠٣	١٤,٩	١٦١	٢,٢٠٦	٢٥٢,٠	٢٢,١
١١,٨	١٠	٦٥٨٠ - ٣٧٤٠	٩٣,٣	٣٦٠	١٥,١	١٨٣	٢,٦٣٦	٣٠١,٦	٢٦,٥
١٣,٥	١٠	٧٧٤٠ - ٤٢٩٠	١١٠	٤٢٥	١٧,٢	١٩٨	٣,٠٨٣	٣٥٤,٠	٣١,١
١٦,٠	١٠	٩٠٣٠ - ٤٥١٠	١٢٨	٤٩٣	١٨,٧	٢١٣	٣,٥٧٤	٤١٠,٦	٣٦,١

الأكبر للكوك في الشحنة عند تحديد المواصفات . والجدول رقم (٢٥) يحدد معدل الصهر في العمود (١) عند النسبة المختارة للكوك في الشحنة .

٣- الهواء الخالي من الملوثات . التخلص من مقنونات الدخان والغبار والحصى  
**Clean Air-Control of Smoke, Fume and Grit Emissions**

بعد التعرف على معدل الصهر المطلوب ونسبة الكوك المستعملة في الشحنة يمكن اتخاذ القرار المناسب فيما يتعلق بمعدات تنقية غازات الفرن من الملوثات والتي تخضع للقوانين المنظمة لعمليات تلوث الهواء .

٤- معدل تدفق الهواء **Blowing Rate**

العمود رقم (٢) في جدول (٢٥) يوضح معدلات تدفق الهواء المطلوبة لزوم معدلات الصهر المختلفة وعند معدلات محددة للكوك في الشحنة .

٥- معدات دفع الهواء **Blowing Equipment**

يوضح العمود رقم (٥) المواصفات الموصى بها والضرورية لمعدات دفع الهواء لتوفير معدلات الهواء المطلوبة . ويكون حجم الهواء أكبر من الحجم الموصى به لمعدلات الهواء بنسبة ٢٠٪ وهي ١١٤ متر<sup>٣</sup> / متر<sup>٢</sup> . دقيقة ويكون ضغط التصريف Discharge Pressure أكبر بنسبة ٥٠٪ من ضغط الهواء المتوقع في قميص الهواء عندما تعمل في ظروف هذا المعدل المحدد للهواء .

٦- أجهزة ضبط الهواء **Blast Control Equipment**

يجب أن يوضع في الاعتبار توافر أجهزة ووسائل للتحكم في كمية وضغط الهواء المنصرف .

٧- مساحة منطقة الصهر **Melting-Zone Area**

بعد التعرف على معدل تدفق الهواء يمكننا حساب منطقة الصهر ، كما هو موضح بالعمود (٣) ، واعتماداً على المعدل المحدد لذلك وهو ١١٤ متر<sup>٣</sup> / متر<sup>٢</sup> . دقيقة . ومن هنا يمكننا حساب وتحديد القطر الداخلي لفرن الدست ، كما هو موضح في العمود رقم (٤) .

## ٨- قطر صاج الفرن الخارجى External Shell Diameter

بعد التعرف على القطر الداخلى للفرن والسمك الضرورى للبطانة الحرارية للفرن ، يمكننا تحديد القطر الخارجى لصاج الفرن shell ، ويكون سمك البطانة ٢٢.٥ سم كافياً للفرن الذى يعمل لفترة أقل من ٤ ساعات كل صهرة . أما الصهرات التى تصل إلى حوالى ٨ ساعات فإن سمك البطانة يجب أن يكون ٣٠ سم على الأقل ( ١٢ بوصة ) ، وإذا كانت فترة الصهر من ٨ - ١٠ ساعات فإنه من الواجب تبريد صاج حجم الفرن بالمياه Water Cooling عند منطقة الصهر وذلك بهدف تخفيض معدلات استهلاك البطانة الحرارية .

## ٩- خزنة المعدن The Well

إن تصميم أبعاد خزنة المعدن يعتمد على نوع نظام البزل المقترح ، فإذا كان نظام البزل متقطعاً فيجب أن تتسع خزنة المعدن لحوالى وزنتين إلى أربع وزنات من شحنات الفرن المعدنية ، واعتماداً على طريقة تجميع الشحنة . فمثلاً الشحنات التى تحتوى على نسبة عالية من خرده الصلب يجب أن تتسع الخزنة لأربع شحنات على الأقل . أما بالنسبة لنظام البزل المتواصل ( المستمر ) والتى يتم فيه عملية خلط شحنات المعدن المنصهر عن طريق الخزان الخارجى Receiver فيجب أن يكون عمق الخزنة أقل بكثير من عمقه فى نظام البزل المتقطع ويعتمد على نظام البزل .

ومن المهم إدراك أن عمق خزنة المعدن له تأثير ملحوظ على درجة حرارة المعدن المنصهر فى أفران الصهر ذات البزل المستمر وأن كل انخفاض لعمق الخزنة بمقدار بوصة واحدة يقابله زيادة فى درجة حرارة المعدن عند فتحة البزل بمقدار ( ١٠.٥°م ) ٤°ف . وهذا ينطبق على طريقة الصب المتقطع أيضاً فى أفران الدست . وعلى هذا فيجب ألا يكون عمق الخزنة ( المسافة بين فتحة البزل إلى قاع الصف السفلى للوحدات ) أكبر من اللازم ، ويجب ألا يزيد بأى حال من الأحوال عن متر واحد .

ومن النقاط المهمة التى يجب ملاحظتها عند تصميم الفرن هو ضمان أن تكون فتحة البزل سهلة المنال وأيضاً فتحة الخبث . فمثلاً لابد أن يكون وضع فتحة الخبث مناسباً لطبيعة عمل العامل المكلف بها إذا كان يعمل مثلاً بيده اليمنى أو بيده اليسرى أو يعمل بيده اليسرى بدلاً من اليمنى ومن المهم أيضاً ألا ننسى باب إعداد الفرن وأن يكون ذات اتساع

مناسب ، ويجب أن يكون سهل المنال . والعمود رقم (٦) يعطى السعة التقريبية لخزنة المعدن عند احتساب عمق الخزنة Well Depth ، ويجب استخدام الارتفاع من فتحة البزل وحتى فتحة الجلخ .

#### ١٠- ارتفاع لوح قاعدة ( فرش ) الفرن من مستوى أرضية المسبك Height of Base Plate Above Ground Level

ويعتمد هذا الارتفاع على عدة عوامل مثل حجم بوتقة الفرن ، سواء تم استخدام خزان rReceiver أم لا ، كما يعتمد على ارتفاع البوتقة المعلقة على القضيب المفرد Mono-rail . وعلى وجه العموم فإنه إذا كان ارتفاع بلاطة الفرن أقل من متر واحد فتصبح عملية سحب مخلفات الفرن عقب كل صهرة عملية صعبة خصوصاً إذا كان يتم سحبها عن طريق قانوس skip .

#### ١١- باب القاع الساقط Drop Botton Doors

من الواجب أن يكون باب القاع الساقط ذات تصميم متين وأن يكون مزوداً بعدة دعائم وذلك لتلافى حدوث اعوجاج به . ومن المفروض عند تصميم الفرن التأكد من أن باب القاع لا يعوق عملية إزالة المخلفات بعد إسقاط الباب . وبالنسبة للأفران الكبيرة والتي يكون باب القاع فيها ثقيل أو الأفران التي يكون ارتفاع باب القاع فيها يزيد عن متر إلى متر ونصف متر ( ٣ - ٤ قدم ) فوق مستوى الأرضية . فلا بد من تزويدها بتجهيزة ميكانيكية بالاستعانة بونش صغير أو باستخدام بستم يعمل بالهواء Air Cylinder .

#### ١٢- قميص الهواء wind belt :

إن الغرض من وجود قميص الهواء أو قميصى الهواء إذا كان الهواء موزعاً Divided Blast هو التوزيع المنتظم والمتساوى للهواء على كل ودنة من ودنات قميص الهواء ، وعادة مايكون القطر الخارجى لقميص الهواء أكبر من قطر غلاف الفرن الخارجى بمقدار ٦٠ - ١٠٠ سم ( ٢ - ٣ قدم ) وذات عمق مناسب يتراوح من ٧٠ - ١٢٠ سم ( من ٦ // ٢ قدم إلى ٤ قدم ) . وعند تصميم فرن الدست يجب أن يوضع فى الاعتبار احتمالية تشغيل فرن الدست فى المستقبل باستخدام مياه التبريد Water Cooling والتي تتطلب أن يكون قميص الهواء منفصلاً عن جسم الفرن .



### ١٣- ماسورة الهواء الرئيسية Blast Main

يجب أن تكون ماسورة الهواء الرئيسية كبيرة بدرجة كافية لتوصيل الهواء من المروحة إلى قميص الهواء مع أقل فقد في الضغط . ويتراوح قطر الماسورة بين ٣٠ سم ( ١٢ بوصة ) في الأفران الصغيرة ليصل إلى ٦٠ سم ( ٢٤ بوصة ) في الأفران الكبيرة . ويجب أن توضع مروحة الهواء في المكان المناسب والذي يجعل الماسورة الرئيسية تحتوى على أقل عدد من الانحناءات .

ولتنظيم عملية دفع الهواء يجب أن يوضع محبس على ماسورة الهواء في الناحية القريبة من مروحة الهواء على أن تكون سهلة المنال للعامل الذى يقوم بخدمة الفرن .

### ١٤- الودنات Tuyeres

توضع الودنات في معظم أفران الدست أسفل قميص الهواء . ويتم توصيل الهواء من قميص الهواء إلى الودنة عن طريق توصيلة منحنية ( كوع ) Elbow Connection ، ويتم تزويد الودنات بمحابس أو حواجز يتم تثبيتها في كل ودة على حدة وذلك لقطع الهواء عن أى ودة بمفردها . أما بالنسبة لتجنب امتلاء الودنات بالجلخ أو المعدن فيجب خفض إحدى الودنات قليلاً عن الودنات الأخرى وأن تحتوى على سداة قابلة للانصهار Fusible Plug موجودة عند قاع انحناء الودنة ، وفي الأفران التى تعمل بنظام البزل المتقطع يتم وضع الودنات أعلى فتحة الجلخ بمسافة حوالى ١٥ سم ( ٦ بوصة ) .

أما المساحة الكلية للودنات فتتراوح بين  $\frac{1}{4}$  إلى  $\frac{1}{7}$  مساحة منطقة الصهر ، أما شكل الودنة سواء كانت مستديرة ( دائرية ) أو مستطيلة فيتم تحديدها بالخبرة الشخصية في المسبك نفسه .

### ١٥- ارتفاع عتبة باب الشحن Height of Charging-Door Sill

يتم تعريف ارتفاع عتبة باب الشحن بأنها المسافة الرأسية التى تبدأ من الودنات وحتى باب الشحن . وهذه المسافة يجب أن تتناسب مع معدل الصهر ، فمثلاً عندما يكون معدل الصهر يقل عن ٥ طن / ساعة ، فإنه يجب أن يكون الارتفاع ٥ أمتار ( ١٦ قدماً ) ، أما بالنسبة لمعدل الصهر من ٥-٨ طن / ساعة فيكون الارتفاع ٨ . ٥ متر ( ١٨ قدماً ) بينما

لمعدل صهر أكثر من ٨ طن / ساعة يكون الارتفاع ٦.٧ متر ( ٢٢ قدماً ) .

## ١٦ - ارتفاع المدخنة Stock Height

يعد التعرف على ارتفاع فرن الدست أسفل باب الشحن ومعرفة سعة احتواء الفرن على شحنة ، وبعد معرفة كمية المقذوفات الخارجة من الفرن والتي تتناسب مع القوانين الموضوعية بشأن تلوث البيئة ، أو بعد تحديد معدات تنقية غازات الفرن من الغبار ؛ بعد هذا كله يمكن تحديد ارتفاع المدخنة فوق مستوى باب الشحن .

## لمحات تصميمية أخرى Other Design Features

### ١- معدات الشحن Charging Equipment

أ- إن مقاسات قابوس الشحن يجب أن تكون مناسبة وكافية وتلائم نوعية خامات الشحنة ، وتشتمل على الكوك إذا تم شحنه مع المعدن . وعند تحديد هذه المقاسات فمن الأفضل حساب سعة القابوس باستخدام شحنة حقيقية . إن العديد من المسابك تنسى أن تقوم بمراجعة حجم القابوس عند عمل وحدة صهر جديدة . ووزن الشحنة عادة ما يكون يمثل حوالى عشر معدل الصهر لكنها قد تكون أقل إذا استعمل خرقة الصلب بنسبة عالية خصوصاً مع وجود خزنة صغيرة للمعدن .

ب- يجب ألا نقوم باختصار تصميم معدات الشحن عن طريق الاقتصاد فى سمك الصلب المستخدم .

ج- أن يحتوى التصميم على أجهزة أمان Safty Devices مثل المفتاح الكهربى الحدى Limit Switch مع استخدام Slack Wire Control ، مع وضع حاجز وقاية Guard حول النقرة Pit الخاصة بقابوس الشحن تحت مستوى الأرضية . أما مع أجهزة الشحن التى تستخدم منحدر رجل البنطلون Breeches Chute فيجب التأكد من أن الفرن الذى لايعمل ( المتوقف عن العمل ) لايمكن أن تصله خامات نتيجة عملية شحن الفرن الشغال .

د- التأكد فى حالة الأفران التى تستخدم أوناش الرفع للشحن Skip Hoist

Charger من أن الحفرة الخاصة بالقابوس لا يمكن أن تمتلئ بالخبث أو بمخلفات الفرن .

هـ - في أفران الدست التي يتم شحنها ميكانيكياً يتم تزويدها بباب إضافي عند أو تحت مستوى عتبة باب الشحن بقليل مع عمل مصطبة مناسبة Platform للمساعدة في قياس ارتفاع فرشاة الكوك .

## ٢ - سمك خامات الصاج Material Thickness

يجب أن يوضع في الاعتبار سمك الخامات المستخدمة في تصنيع أجزاء الفرن ، كما هو موضح على النحو التالي :

. Mild Steel	غلاف الفرن ١٠ مم ( ٣/٨ )
. Mild Steel	قميص الهواء ٦ مم ( ١/٤ )
. Mild Steel	الماسورة الرئيسية تتحمل حتى ١٤ ضغط
. Mild Steel RSJ	هيكل القاعدة ٢٠ سم x ١٠ سم ( ٨ x ٤ )
. Mild Steel	بلاطة الفرن ٤٠ مم ( ١ ١/٢ )
. Mild Steel	باب القاع ٢٠ مم ( ٣/٤ )
	الاعمدة ٢٠ x ١٠ سم ( ٨ x ٤ ) RSJ مع الواقي .
من الحديد الزهر المصبوب	الودينات والانحناء

## ٣ - ظروف العمل working Condition

إن العديد من أفران الدست ذات التصميم الجيد قد تعمل في ظروف صعبة أو خطيرة ، وذلك بسبب عدم بذل الجهود الكافية في التفكير في ظروف العمل التي يجب أن تتوافر عند تشغيل فرن الدست وذلك في مرحلة التخطيط والتصميم .

ومن الملامح التي قد تنسى أثناء التصميم النقاط التالية :

## أول أكسيد الكربون Carbon Monoxide

قد تقع بعض الحوادث الخطيرة أو تحدث بعض الوفيات بسبب تعرض العمال لغاز أول أكسيد الكربون المتصاعد من فرن الدست في أثناء تشغيله . ولا بد أن يكون معروفاً أن غلاف الفرن Shell ليس حاجزاً لمرور الغازات التي تحتوى على نسبة مرتفعة من أول أكسيد الكربون والتي تخرج من الفرن تحت ضغط مرتفع نسبياً . وقد يتسرب غاز أول أكسيد الكربون من باب القاع ومن بلاطة الفرن ومن صندوق البزل ومن الوصلات المبرشمة ومن بين وصلات الفرن وأماكن الفتحات المختلفة . ويمكن الكشف عنه في المنطقة المحيطة بالفرن . إن الغازات الموجودة عند فتحة الشحن عادةً ماتحتوى على أول أكسيد الكربون بنسبة ١٠-٢٠٪ ، وأي تسرب لغازات الفرن هذه من فتحة الشحن ينشأ عنه آثار خطيرة .

إن استخدام أجهزة تنقية لغازات الفرن بالطريقة المبلة البسيطة تقوم بغسل الغازات وتعود مياه الغسيل مرة أخرى إلى تلك الترسيب في مستوى الأرضية . وتقوم المياه بسحب بعض الغازات المحملة بغاز أول أكسيد الكربون والتي تنفصل في تلك الترسيب أو في فتحة تصريف حبيبات الخبث .

والاحتياطات الواجب اتخاذها لتقليل خطورة أول أكسيد الكربون هي مايلي :

- أ- أن يكون تصميم أجهزة تنقية الغازات على الوجه الصحيح .
- ب- إشعال غازات المدخنة بقدر الإمكان لتحويل أكبر كمية من ك أ إلى ك ٢ الأقل ضرراً .
- ج - استعمال طرق الشحن الميكانيكية وذلك لتفادي وجود عمال على الصندرة .
- د- ضرورة وجود تهوية جيدة حول الفرن خصوصاً عند مستوى أرضية الشحن .
- هـ- استعمال أجهزة تنقية الغازات بالطريقة المبلة Wet Arrester ذات المياه الراجعة Water Return والتي تسمح باصطياد الغازات المحملة بئول أكسيد الكربون مع المياه ولتتخلص من ضررها إلى خارج المسبك .



## التخلص من الخبث Slag Removal

يجب جمع الخبث فى قابوس أو بوتقة ذات تصميم مناسب . ولا تسمح بتجمع الخبث على أرضية المسبك . حيث إنه من الصعب نقل كميات كثيرة من قطع الخبث الصغيرة بينما يكون من الأسهل حمل العدد الأقل من الكميات الكبيرة من الخبث .

## الصندرة Platform

ركب الصندرة المناسبة عند مستوى باب شحن الفرن وعند مستوى جهاز التنقية . ولاترك عمال الفرن يقومون بعملية تسليك النظارات ( الودنات ) بينما هم واقفون على صندوق ، ولا تسمح لهم بقياس مستوى فرشاة الكوك وهم واقفون على سلم . تأكد أنه فى حالة الضرورة أنه بإمكان عمال الفرن مغادرة الصندرة بدون صعوبة وبسرعة . أضف زيادة بسيطة لتتكات الترسيب الخاصة بجهاز التنقية الرطبة .

## صمامات ( محابس ) ضبط الهواء Air Control Valves

يتم تركيب هذه الصمامات بحيث يمكن لعمال الفرن غلقها فى حالة الخطر بأقصى سرعة وبدون تأخير .

## مخلفات فرن الدست Cupola Drop

من المهم وجود ارتفاع مناسب أسفل فرن الدست لضمان سهولة إزالة المخلفات الناتجة عن عمليات الصهر مع الوضع فى الاعتبار أن تجمع هذه المخلفات فى قابوس مخصوص مصمم لهذا الغرض بحيث يشتمل على فتحات تصريف . ويجب إزالة هذه المخلفات من منطقة الفرن لنضمن عدم وجود أى معوقات . كما يجب أن يوضع فى الاعتبار وجود حواجز حول الفرن لتخفى المنطقة حوله من تطاير المخلفات فى أثناء سقوطها .

## الأبواب السفلية ( أبواب القاع ) Bottom Doors

يجب التأكد من إحكام غلق هذه الأبواب ، مع استخدام طريقة مناسبة لشد الأبواب بعيداً بحيث لا تؤدي إلى حدوث أى خطورة على عمال الفرن وعمال المسبك .



## الفهرس

<p>الصفحة</p> <p>٧</p>	<p><b>اساسيات تصميم أفران النست .</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- المعدلات المثالية لتدفق الهواء كنساس لتصميم الفرن .</li> <li>- علاقة قطر الفرن بمعدل الصهر .</li> <li>- تحديد مواصفات مروحة الهواء .</li> <li>- الوينيات ( النظارات ) .</li> <li>- ارتفاع اسطوانة ( عمود ) الفرن .</li> <li>- بطانة الفرن .</li> <li>- عمق خزان المعدن ( الخزنة ) .</li> </ul>	<p><b>الباب الأول</b></p>
<p>١٧</p>	<p><b>الجوانب العملية فى عمليات تشغيل أفران النست</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ترميم بطانة الفرن :</li> <li>* تنظيف الفرن من الداخل .</li> <li>* تخفيض نسبة الرطوبة فى مواد الترميم .</li> <li>* تجفيف أماكن الترميم بطريقة بطيئة .</li> <li>- فرشاة الكوك .</li> <li>- انسداد فتحة البزل .</li> <li>- طرق التغلب على مشكلة انسداد فتحة البزل :</li> <li>١- الإعداد الصحيح لفرشاة الكوك .</li> <li>٢- عدم تلوث فحم الكوك أو خشب الحريق .</li> <li>٣- اختيار الطول المناسب لفتحة البزل .</li> <li>٤- تجنب فتحة البزل الباردة أو الرطبة .</li> <li>٥- المواد المستخدمة فى سدادة فتحة البزل ( الطينة الحرارية ) .</li> <li>- بناء فتحة البزل وأنواع الطينات المستعملة فى غلقها .</li> </ul>	<p><b>الباب الثانى</b></p>

	<p>- عيوب السبابة الناتجة بسبب خلطة الطينة الحرارية والخوابير .</p> <p>- تسرب الهواء .</p>	
٣٥	<p><b>العوامل المؤثرة على أداء فرن الدست وطرق التحكم فيها وضبطها :</b></p> <p>- معدل الصهر .</p> <p>- استخدام معادلة معدل الصهر .</p> <p>- درجة حرارة المعدن .</p> <p>- التركيب الكيميائي للمعدن .</p> <p>- ضبط وتوجيه عمل الفرن .</p> <p>- معدل تدفق الهواء .</p> <p>- وزن مكونات الشحنة .</p>	الباب الثالث
٤٥	<p><b>ظهور أفران الدست ذات الهواء الموزع ( ذات صفى الودجات )</b></p> <p>- عملية التطور .</p> <p>- التطبيق الصناعى .</p> <p>- فرن الدست ذات الهواء الموزع الساخن .</p>	الباب الرابع
٦١	<p><b>تقنيات تشغيل أفران الدست الخاصة والمعدلة :</b></p> <p>١- أفران الدست القاعدية .</p> <p>٢- استخدام المياه فى تبريد الأفران .</p> <p>٣- استخدام الهواء الساخن فى تشغيل أفران الدست .</p> <p>٤- استخدام الوقود الاضافى فى أفران الدست .</p> <p>* تشغيل أفران الدست باستخدام المازوت فى بكيرا .</p> <p>* محاولات استخدام غاز أفران الكوك كوقود مساعد .</p> <p>٥- أفران الدست التى تعمل بدون استخدام كوك ( كوكس ) .</p>	الباب الخامس



	٦- استعمال كبريد الكالسيوم في أفران الدست .	
٧٧	<p><b>استعمال الاكسجين في أفران الدست :</b></p> <p>- فوائد استعمال الاكسجين :</p> <p>* الاستعمال بالطريقة المستمرة .</p> <p>* الاستعمال بالطريقة المتقطعة .</p> <p>- طرق استعمال الاكسجين :</p> <p>* الطريقة الاولى بدفع الاكسجين مع هواء المروحة .</p> <p>* الطريقة الثانية الحقن في الخزنة .</p> <p>* الطريقة الثالثة الحقن في الودنات .</p> <p>- تأثيرات الاكسجين على أفران الدست العادية والأفران ذات الهواء المقسم :</p> <p>* ظروف الاختبارات .</p> <p>* نتائج الاختبارات :</p> <p>- أولاً في حالة التشغيل العادى .</p> <p>- ثانياً في حالة تشغيل الفرن ذات الهواء المقسم .</p> <p>- ثالثاً المقارنة بين الأفران العادية وأفران الهواء المقسم .</p> <p>- رابعاً تقدير اقتصاديات العمليات .</p> <p>- تأثير الاكسجين على معدل الصهر .</p> <p>- كلمة مختصرة .</p>	الباب السادس
٩١	<p><b>كيفية حساب شحنة الفرن وطرق اختيار الخامات :</b></p> <p>- أنواع المواد الخام المتاحة استعمالها في عملية الصهر في فرن الدست .</p> <p>١- الخامات الحديدية ذات نسبة الكربون المرتفعة :</p> <p>أولاً : زهر التماسيح .</p>	الباب السابع

	<p>ثانياً : حديد الزهر المنقى .</p> <p>٢- الخامات الحديدية ذات نسبة الكربون المتوسطة .</p> <p>٣- الخامات الحديدية ذات نسبة الكربون المنخفضة .</p> <p>٤- السبائك .</p> <p>- التغيرات التي تحدث في التركيب أثناء الصهر .</p> <p>- الشحنة النموذجية لفرن الدست .</p> <p>- كيفية حساب شحنة فرن الدست .</p> <p>- الشحنة ذات التكلفة الأقل .</p>	
١١٥	<p><b>طرق مناولة الخامات وتخطيط حوش التخزين :</b></p> <p>- كيفية الاستفادة من العمال .</p> <p>- نقل وتجهيز الخامات :</p> <p>* وحدات الشحن الميكانيكية من نوع ونش القابوس المائل ونوع ونش السلة ذات القاع الساقط .</p> <p>- تخطيط حوش التخزين :</p> <p>* استخدام الميزان ذات القرص المدرج والمؤشر مع القابوس القلاب .</p> <p>* أوناش القنطرة ( الكوبرى ) العلوية .</p> <p>* الونش الدوار .</p> <p>* استخدام المغناطيس في تجميع الشحنة .</p> <p>* وحدة الشحن الأتوماتيكية .</p>	الباب الثامن
١٤٣	<p><b>معدات وطرق الاشراف على العمل فى المسبك :</b></p> <p>- وزن المعدن وفحم الكوك .</p> <p>- ضبط كمية الهواء .</p> <p>- درجة حرارة المعدن .</p>	الباب التاسع

	<p>- اختبارات التفتيش :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* أولاً اختبار التبريد المفاجئ .</li> <li>* ثانياً التحليل الحرارى .</li> <li>* جهاز تعيين نسبة السيليكون .</li> </ul>	
١٥٧	<p><b>إزالة الكبريت من الزهر وإضافة مواد الكريئة :</b></p> <p>- العوامل المؤثرة على كفاءة عمليات المعالجة :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* أولاً العامل المستخدم .</li> <li>* ثانياً درجة حرارة المعدن .</li> <li>* ثالثاً تركيب المعدن .</li> <li>* رابعاً درجة الخلط .</li> </ul> <p>- طرق معالجة المعدن :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* البوتقة ذات السدادة المسامية .</li> <li>* البوتقة الهزازة .</li> <li>* طرق معالجة أخرى .</li> </ul>	الباب العاشر
١٧٥	<p><b>فحم الكوك ومساعدات الصهر :</b></p> <p>- كيف تتم صناعة كوك المسابك ؟</p> <p>- أنواع الفحم الحجري المخصص لانتاج كوك المسابك وموقع أفران التكويد .</p> <p>- اختبارات تحديد جودة فحم الكوك :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* أخذ العينات .</li> <li>* اختبار تحديد الحجم .</li> <li>* اختبارات التحليل الكيميائى .</li> <li>* اختبارات المواصفات الطبيعية .</li> <li>* اختبار التهشيم .</li> </ul>	الباب الحادى عشر

	<p><b>* اختبار مقاومة الاحتكاك .</b></p> <p>- توصيف فحم كوك المسابك :</p> <p><b>* نسبة الرماد .</b></p> <p><b>* المواد المتطايرة .</b></p> <p><b>* الكربون الثابت .</b></p> <p><b>* الكبريت .</b></p> <p><b>* الرطوبة .</b></p> <p><b>* الحجم .</b></p> <p>- مواصفات كوك المسابك .</p> <p>- مساعدات الصهر .</p> <p>- الفلورسبار ( الحجر الفلورى - فلوريد الكالسيوم البلورى ) .</p>	
١٩١	<p><b>طرق بزل وتخزين المعدن المنصهر :</b></p> <p>- مزايا نظام الصب المتواصل .</p> <p>- مساوى نظام الصب المتواصل .</p> <p>- الطرق المختلفة للبزل المتواصل :</p> <p><b>* طريقة البزل والتجليخ الأمامى المتواصل .</b></p> <p><b>* الطريقة المستمرة للبزل الأمامى والتجليخ الخلفى أو الجانبي .</b></p> <p><b>* عملية البزل المستمر باستخدام سيفون من الطوب الحرارى .</b></p> <p>- خزانات المعدن :</p> <p><b>* المزايا .</b></p> <p><b>* العيوب .</b></p> <p><b>* تصميم الخزان .</b></p> <p><b>* الخزانات المسخنة .</b></p>	الباب الثانى عشر



	<b>* الخزانات المسخنة بالتقار الكهربى .</b>	
٢٠٥	<p><b>مستلزمات الهواء غير الملوث :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- تلوث الهواء والقوانين المنظمة له .</li> <li>- تحديد ارتفاع مدخنة الفرن .</li> <li>- قياس معدلات المقنوفات من فرن الدست .</li> <li>- التحكم فى مقنوفات فرن الدست .</li> <li>- تطبيق الحدود المسموح بها على الأفران الحالية والحديثة .</li> <li>- تحديد معدل الصهر .</li> <li>- ارتفاع المدخنة .</li> <li>- الأبخنة المنبعثة .</li> <li>- الامتثال للتوصيات :</li> </ul> <p>* أولاً بالنسبة لأفران الدست ذات الهواء البارد ( الأبخنة ) .</p> <p>* ثانياً بالنسبة لأفران الدست ذات الهواء البارد ( الحصى والتراب والغبار ) .</p> <p>** سحب غازات الفرن من فوق باب الشحن .</p> <p>** سحب غازات الفرن من أسفل باب الشحن .</p> <p>* الفلاتر المصنعة .</p> <p>* أجهزة الترسيب الالكتروستاتيكية .</p> <p>* أجهزة غسيل الغازات ذات الطاقة العالية .</p> <p>* أفران الدست ذات الهواء الساخن .</p>	الباب الثالث عشر
٢٢٢	<p><b>تحديد مواصفات فرن الدست :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- المتطلبات الأساسية .</li> <li>- اعتبارات أخرى منها :</li> <li>- تصميم فرن الدست :</li> </ul>	الباب الرابع عشر

- ١ . حساب معدل الصهر .
  - ٢ . تحديد نسبة فحم الكوك فى شحنة الفرن .
  - ٣ . الهواء الخالى من الملوثات - التخلص من مقنوفات الدخان والغبار والحصى .
  - ٤ . معدل تدفق الهواء .
  - ٥ . معدات دفع الهواء .
  - ٦ . أجهزة ضبط الهواء .
  - ٧ . مساحة منطقة الصهر .
  - ٨ . قطر صاج الفرن الخارجى .
  - ٩ . خزنة المعدن .
  - ١٠ . ارتفاع لوح قاعدة ( فرش ) الفرن من مستوى أرضية المسبك .
  - ١١ . باب القاع الساقط .
  - ١٢ . قميص الهواء .
  - ١٣ . ماسورة الهواء الرئيسية .
  - ١٤ . الودنات .
  - ١٥ . ارتفاع عتبة باب الشحن .
  - ١٦ . ارتفاع المدخنة .
- لمحات تصميمية أخرى :
- ١ . معدات الشحن .
  - ٢ . سمك خامات الصاج .
- ظروف العمل :
- \* أول أكسيد الكربون .
  - \* التخلص من الخبث .
  - \* الصندرة .
  - \* صمامات ( محابس ) ضبط الهواء .
  - \* مخلفات فرن الدست .
  - \* الأبواب السفلية ( أبواب القاع ) .



---

رقم الإيداع : ٣٦٦٨ / ١٩٩٤ م

---

I. S. B.N : 977-5526 -05-1

---

**مطابع الوفاء - المنصورة**

شارع الإمام محمد عبده المواحه لكلية الآداب

ت ٣٤٢٧٢١ / ٣٥٦٢٢٠ / ٣٥٦٢٣٠

ص.ب ٢٣٠ فاكس ٣٥٩٧٧٨







دار النشر للجامعات المصرية - مكتبة الوفاء

٤١ ش شريف ت : ٣٩٣١٢٤٤ / ٣٩٣٤٦٠٦ فاكس ٣٩٢١٩٩٧

